



TREBALL FINAL DE GRAU



ESCOLA
POLITÈCNICA SUPERIOR
UNIVERSITAT DE LLEIDA
INSPIRING THE FUTURE

Estudiant: Carles Bordalba Llaberia

Titulació: Grau en Enginyeria Mecànica

Títol de Treball Final de Grau: Disseny d'un mòdul per a un sistema de jardineria vertical

Director/a: Gabriel Pérez Luque

Presentació

Mes: Juliol

Any: 2018

Agraïments

Agraeixo al director d'aquest treball de final de grau, el Dr. Gabriel Pérez Luque, per la seva ajuda i el seu recolzament des del principi, sobretot amb els seus valuosos consells.

Igualment dono les gràcies al Dr. Miquel Nogués, per l'ajuda en els càlculs dels pre-dimensionaments de les peces que suporten el sistema de jardineria vertical.

Finalment, vull agrair als meus pares, germans i amics pel seu recolzament en tot moment.

Índex

1. Introducció	5
2. Objecte	8
3. Abast	9
4. Metodologia de treball.....	11
5. Sistemes de mur verd (<i>Green Wall</i>). Estat de la tecnologia	12
5.1. Tipus de sistema de mur verd	13
5.2. Suport i/o ancoratge	19
5.3. Sistema de reg.....	25
5.4. Material	28
5.5. Substrat	30
5.6. Creixement planta	32
5.7. Acústica	34
5.8. Criteris de disseny.....	35
6. Disseny 3D	36
6.1. Sistema d'ancoratge	36
6.2. Mòdul	39
6.3. Sistema de reg.....	41
6.4. Sistema de drenatge	43
7. Simulació energètica (LIDER I CALENER)	44
8. Conclusions	47
9. Bibliografia i referències	48
Annex 1. Sistemes de Jardineria Vertical. Estat de la Tecnologia	50
1. Fitxes tècniques de les empreses	50
1.1. Buresinnova	50
1.2. Humko Slovenija.....	52
1.3. Semper Green	54

1.4.	Elmich.....	55
1.5.	Ignia Green.....	59
1.6.	Tournesol SiteWorks	61
1.7.	Omni Ecosystems.....	65
1.8.	Green Screen	67
1.9.	G-SKY	69
1.10.	Singular Green	73
Annex 2. Cradle to Cradle		79
Annex 3. Dimensionament del sistema d'ancoratge		81
Annex 4. Plànols		84

1. Introducció

Ja sigui per temes econòmics, de sostenibilitat, de consum d'aigua, etc., al sector de l'edificació es busquen tot tipus de solucions per reduir consums i impactes sobre el medi ambient.

És per això que, enginyeria i arquitectura, estan creuant camins amb la finalitat d'obtenir edificis més sostenibles, amb un consum d'energia i aigua reduït i una selecció de materials poc nocius pel medi ambient.

D'aquesta manera, i amb la idea d'abordar aquests problemes, s'estan creant nous conceptes com seria l'arquitectura sostenible/ecològica o, fins i tot, arribant a dissenyar edificis totalment autosuficients, des del punt de vista del consum energètic, anomenats *zero-energy Buildings*.

Les aproximacions entre arquitectura i medi ambient està tenint lloc degut a:

- Les demandes dels agents implicats en la construcció: usuari final, arquitectes, constructors, fabricants, etc.
- Una tendència als espais verds amb criteris de sostenibilitat en el disseny.
- La necessitat d'utilitzar materials amb un cicle tancat, en què al final de la seva vida útil es puguin reciclar de manera efectiva i donar-los-hi un altre ús.
- Abaratir costos de consum de l'edifici sense perdre'n qualitat, amb un disseny bonic i efectiu.

Un dels sistemes que aborda les diferents demandes actuals seria l'"arquitectura vegetada". Tradicionalment, un dels motius de la incorporació de vegetació era més aviat estètic. En l'actualitat però, s'han fet molts avenços, aprofitant totes les característiques i avantatges que t'aporta la vegetació en l'edifici com serien:

- Estalvi energètic.
- Beneficis en l'aïllament acústic.
- Millores en l'estètica de l'exterior de l'edifici.
- Una millora en la durabilitat dels materials de superfície.
- La millora del clima urbà, contribuint a la purificació de l'ambient, a l'eliminació de CO₂ i aportació d'oxigen i, també, a la humidificació d'aquest.

- etc.

Entre els diferents avantatges que se n'obté d'implementar un sistema de jardineria vertical és la utilització com a sistema passiu d'estalvi energètic en edificis. Aquest benefici es produeix per aïllament tèrmic, proporcionat pel substrat i les plantes, la ombra que fan i el refredament per evaporació.

Aquesta evolució en els edificis és un pas endavant que suposa, com ja s'ha comentat, en un estalvi elevat d'energia en edificis, mitjançant una bona capa aïllant, com és la vegetació. Des de cobertes fins a murs vegetals, cobrint així l'edifici amb una nova pell i, per tant, implementant tots els avantatges que se'n deriven.

D'altra banda, el fet d'aportar vegetació en un edifici pot suposar un increment en inversions inicials i, a més a més, un manteniment constant ja que és un element viu que s'ha de cuidar. Els problemes són variats com per exemple: el rendiment de la vegetació no és ni immediat ni constant, el creixement de les plantes, l'elevat consum d'aigua pel reg, l'ús de materials poc sostenibles, etc. i això fa que la seva utilització sigui més compromesa.

Tot i així, l'ús d'arquitectura verda, sobretot de **cobertes vegetades**, és una pràctica consolidada en alguns països i, també, en el nombre d'empreses que les comercialitzen. En canvi, pel que fa a la **vegetació de façanes**, el seu ús no és tan estès i els sistemes utilitzats són ben variats.

És per això que, encara queda molt per investigar en aquest camp de l'arquitectura vegetada però, sobretot, en el de les façanes. Així doncs, s'entreveuen dos aspectes fonamentals a abordar:

- Ser coneixedors dels avantatges i desavantatges que suposa la integració de vegetació en edificis i obtenir una comparació amb els sistemes tradicionals.
- Investigar i millorar els sistemes constructius actuals per poder comercialitzar-los sense cap tipus d'incertesa.

Pel que fa a aquest segon aspecte, sovint els sistemes que es poden trobar al mercat presenten mancances de disseny que comprometen el correcte

creixement de les plantes, a més de suposar un problema en la provisió dels beneficis associats.

Així doncs, aquest treball s'emmarca dins d'aquesta segona motivació, la de desenvolupar sistemes que s'adaptin a les necessitats reals i tot superant els condicionants i barreres que s'han trobat els sistemes precedents de jardineria vertical d'edificis.

2. Objecte

Aquest projecte té com a objectiu general dissenyar una solució vàlida per un sistema modular de jardineria vertical (mur verd o *green wall*), de forma que no tan sols es garanteixi el desenvolupament de les plantes, sinó que a més consideri qüestions importants com són els seu manteniment posterior, alhora que es millorin les seves prestacions en la provisió de beneficis com aïllant tèrmic i acústic de l'edifici.

Per tal d'acomplir aquest objectiu general, es plantegen els següents objectius particulars:

- Estudi de la tecnologia actual de jardineria vertical.
- Anàlisi d'aquesta i obtenció d'uns criteris de disseny.
 - Propostes de millora dels sistemes actuals.
 - Incorporació del sistema de façana ventilada en murs vegetals.
 - Incorporació de criteris de sostenibilitat en el disseny de murs verds.
- Aplicació dels criteris de disseny a un cas de sistema modular de mur verd.
- Simulació teòrica de l'estalvi energètic obtingut i comparació amb el d'una façana convencional.

Així doncs, caldrà fer un estudi de la tecnologia actual, desglossant els punts més importants que componen un projecte de mur verd, observant així els punts dèbils i estudiar una possible solució als problemes existents.

A més, estudiar la incorporació de la façana ventilada en un mur verd per refrescar l'edifici a l'estiu i escalfar-lo als mesos més freds. Fer una selecció de materials, el més sostenibles possibles, per a la construcció del mur vegetal d'acord amb el programa "C2C Challenge", que es basa en la idea d'una economia circular i que, sobretot, sigui poc nociva pel medi ambient.

Per tant, es dissenyarà la solució genèrica d'un sistema modular de mur verd (*green wall*), pre-dimensionant el sistema d'ancoratge dels mòduls, en base a un càlcul d'esforços per evitar trencaments, mirant de realitzar un disseny el més òptim possible.

3. Abast

El treball contempla el disseny d'un mòdul per a un sistema de jardineria vertical que incorpori tot un seguit de millores respecte de les solucions actuals.

En primer lloc, s'ha dut a terme un estudi exhaustiu de la tecnologia existent, mitjançant la recerca d'empreses arreu del món que comercialitzin aquest tipus de murs vegetals i, a partir de la informació recollida, s'han elaborat uns criteris de disseny adients per a ser aplicats en la millora dels sistemes actuals o per a futurs dissenys, tot considerant no tan sols els aspectes funcionals dels sistemes sinó també els criteris de sostenibilitat mediambiental en els dissenys.

Així doncs, també es considera dins de l'àmbit del treball escollir materials sostenibles i que puguin ser reciclats per evitar al màxim la contaminació del medi. En aquest sentit, en el treball s'analitza la filosofia *Cradle to Cradle* com una de les possibles metodologies de disseny que permeten assolir la sostenibilitat de les solucions constructives (En *Annex 2: Cradle to Cradle* s'explica més detalladament la idea d'aquest concepte).

A més, s'ha realitzat un càlcul teòric de l'estalvi tèrmic mitjançant el software Lider-Calener, que mostra els beneficis que pot suposar un canvi de pell a l'edifici, mitjançant una simulació i mostrant les diferències entre una façana amb mòdul i una sense. La part acústica quedarà referenciada amb un article de la UdL, basat en un sistema modular molt semblant al del treball.

Pel que fa al sistema de reg, s'ha estudiat el de diverses empreses per salvar els problemes existents en alguns dels actuals, en el què la possibilitat de trencament del tub és elevada o l'aigua no queda ben repartida en la totalitat de les plantes.

També, s'ha tingut en compte la solució per l'ancoratge del mòdul amb la façana, basant-se en els sistemes de façana ventilada i pre-dimensionant les peces per tal d'evitar el seu trencament o el sobre dimensionament.

Finalment, i a partir de tot l'estudi previ, s'ha desenvolupat una solució per al mòdul del mur verd que perfecciona tots els aspectes en què s'han trobat possibilitats de millora en els sistemes existents, sobretot en els aspectes més

funcionals. Aquest disseny final s'ha fet mitjançant un software 3D i ha quedat definit en els plànols de la solució final.

En resum, el disseny final obtingut ha buscat ser una solució el màxim de vàlida possible i ser una alternativa que ja pugui ser comercialitzada sense cap tipus d'incertesa.

La següent fase del projecte, que no s'ha considerat en el present treball, hauria de tenir en compte la part productiva del sistema proposat, ajustant el disseny per a la fabricació dels mòduls. D'aquí en sortiria un pressupost aproximat per la implementació d'un sistema de jardineria vertical en un edifici.

4. Metodologia de treball

El desenvolupament d'aquest projecte ha tingut lloc en 4 fases:

La primera fase ha estat estudiar l'estat de la tecnologia dels sistemes de jardineria vertical existents al mercat i extreure'n els punts forts i febles d'aquests.

En segon lloc, a partir de la informació recopilada de l'estat de la tecnologia, i la incorporació de la filosofia de disseny C2C, s'han proposat uns criteris de disseny vàlids per a abordar la proposta de disseny millorada.

La tercera etapa, ha suposat la realització del disseny de mòdul per al nou mur verd, tot considerant els criteris de disseny de l'etapa anterior, a més, s'ha realitzat un pre-càlcul a l'hora de dissenyar els sistemes d'ancoratge per evitar el seu trencament.

En la quarta etapa del desenvolupament del treball s'ha dut a terme una avaluació sobre el potencial de la nova solució com a sistema passiu d'estalvi d'energia en edificis. Per això, s'ha realitzat una simulació teòrica per observar les diferències que aporta una façana amb un sistema modular vegetal i una façana sense el sistema.

5. Sistemes de mur verd (*Green Wall*). Estat de la tecnologia

Aquesta secció presenta la comparació dels diferents sistemes comercials de mur verd analitzats, a partir de la qual s'han extret idees i s'han definit els criteris de disseny adients per a poder afrontar el disseny d'un sistema de mur vegetal.

S'ha analitzat i estudiat més en profunditat els següents aspectes dels dissenys **modulars** ja comercialitzats:


- El tipus de sistema utilitzat per fer créixer les plantes.
- L'ancoratge del sistema a la façana de l'edifici.
- El sistema de reg i la seva instal·lació per arribar a la totalitat de la vegetació.
- El material utilitzat en les peces que conformen el sistema.
- El substrat que s'ha utilitzat per al bon creixement de les plantes.
- La orientació del creixement de la vegetació.


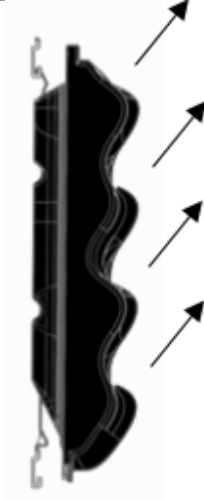
En l'*Annex 1. Sistemes de Jardineria Vertical. Estat de la Tecnologia*, es presenta l'estudi complet de la tecnologia dut a terme, en el qual es pot consultar la informació més àmplia, no tan sols dels sistemes de mur verd, sinó d'altres sistemes de jardineria vertical disponibles comercialment arreu del món.

5.1. Tipus de sistema de mur verd



En aquest apartat s'estudiaran els sistemes modulars que utilitzen les diferents empreses pel cobriment de la façana d'edificis amb plantes, resumit en la Taula 1.

Taula 1. Tipus de sistema

Sistema i/o empresa	Tipus de sistema	Imatges
Buresinnova	Panells de 40x60x8 cm, unions de tipus modular.	

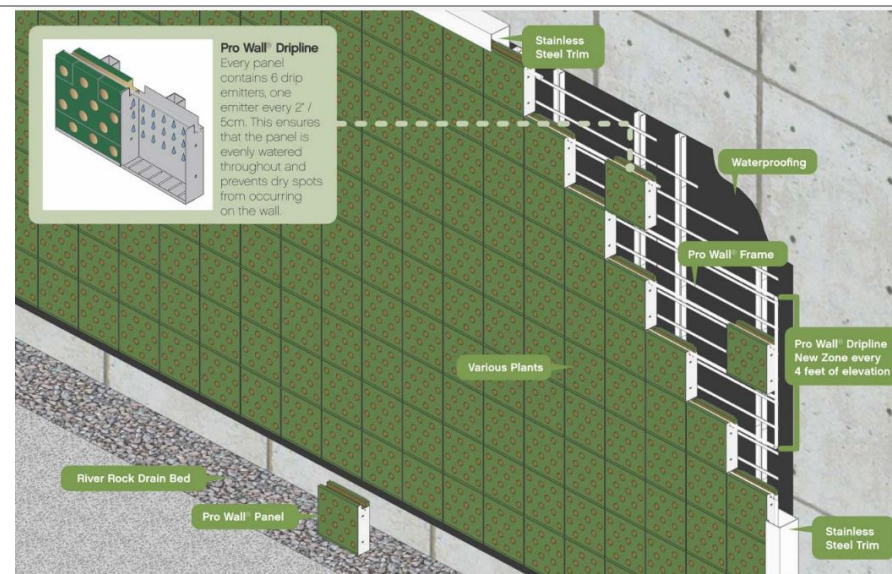
<p>Humko Slovenija – Soft Shell</p>	<p>Panells de 900x530x120 cm, unions de tipus modular.</p>	
<p>Humko Slovenija – Soft Wave</p>	<p>Panells de 1700 cm d'amplada i 173 cm de profunditat, unions modulars entre panells.</p>	

<p>Semper Green - Flexipanel</p>	<p>Panells de 62x52 cm, unions de tipus modular.</p>	
<p>Elmich – VersiWall GM</p>	<p>Mòduls de 56x48x15 cm. Es compon de mòduls verticals acoblats a partir de panells estructurals lleugers.</p>	

<p>Ignia Green</p>	<p>Panells de 50x50x1 cm, unions de tipus modular.</p>	
<p>Tournesol Siteworks – Tournesol VGM</p>	<p>Panells de 48x56 cm, unions de tipus modular.</p>	 <p>VGM3 module (6" shown)</p> <p>Removable top for easy filling</p> <p>Removable side-planting windows</p> <p>Trimable window straps keep small plants in, reduce wind scour</p> <p>Non-woven media bag holds conventional greenwall soil - not required for VGM3 Media Block</p>

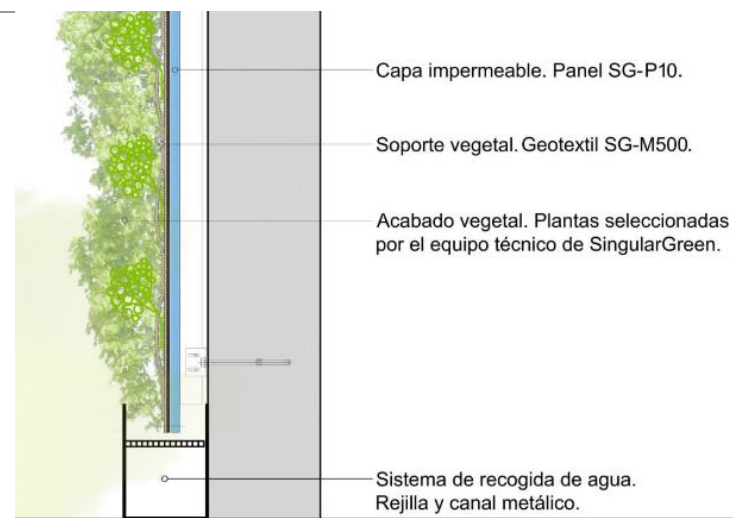
G-SKY – Pro Wall


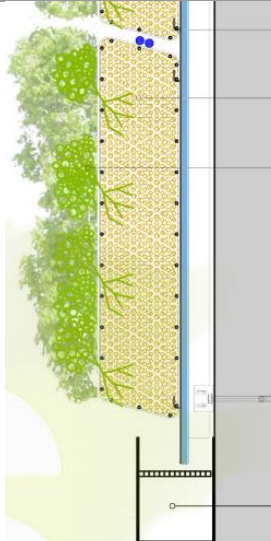
Panells de 28x28x7,6 cm, ancorats a una estructura metàl·lica auto portant.



Singular Green – Sistema F+P

Panell de PVC de 100 mm d'espessor. Damunt del panell s'hi col·loca el geotèxtil SG-M500 amb un espessor de 3,8mm. Càmera d'aire entre paret de l'edifici i el panell.



<p>Singular Green – Sistema F+P MIXTO</p>	<p>Panell de PVC de 100 mm d'espessor. Damunt del panell s'hi col·loca el geotèxtil SG-M500 amb un espessor de 3,8mm.</p> <p>Càmera d'aire entre paret de l'edifici i panell.</p>	 <p>Capa impermeable. Panel SG-P10.</p> <p>Soporte vegetal. Geotèxtil SG-M500.</p> <p>Acabado vegetal. Plantas seleccionadas por el equipo técnico de SingularGreen.</p> <p>Relleno de bolsillos. Sustrato SG-SPH.</p> <p>Sistema de recogida de agua. Rejilla y canal metálico.</p>
<p>Singular Green – Sistema LEAF BOX</p>	<p>Panell de PVC de 10 mm d'espessor. Damunt s'hi col·loca un panell SG-P-LB format per un enreixat d'acer galvanitzat plastificat.</p> <p>Càmera d'aire entre paret de l'edifici i panell.</p>	 <p>Sujeción soporte vegetal. Pletina SG-PL100-P.</p> <p>Soporte vegetal. Panel SG-P-LB.</p> <p>Acabado vegetal. Plantas seleccionadas por el equipo técnico de SingularGreen.</p> <p>Sistema de recogida de agua. Rejilla y canal metálico.</p>

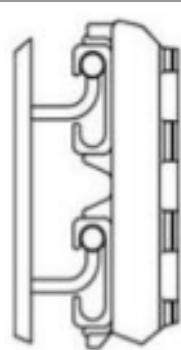
Els sistemes més habituals són aquells formats per mòduls de diferents mides, cobrint la totalitat de la façana amb la col·locació adjacent de tots els panells.

El disseny proposat es basarà en un panell modular de mides més aviat reduïdes, evitant així un pes excessiu i que sigui fàcil de manipular, d'aquesta manera els operaris tindran una major facilitat en la seva instal·lació. Amb una profunditat suficient per a què les plantes creixin sense problemes

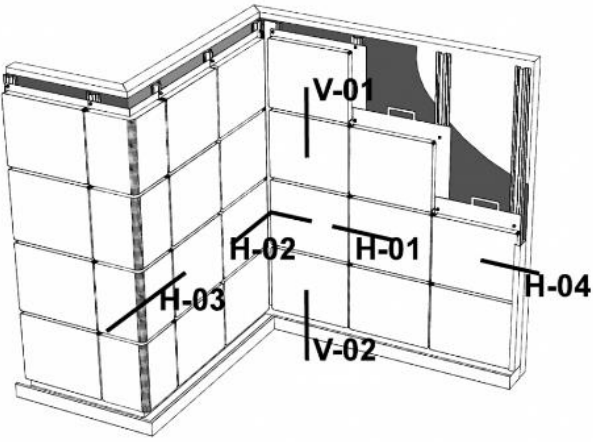

5.2. Suport i/o ancoratge

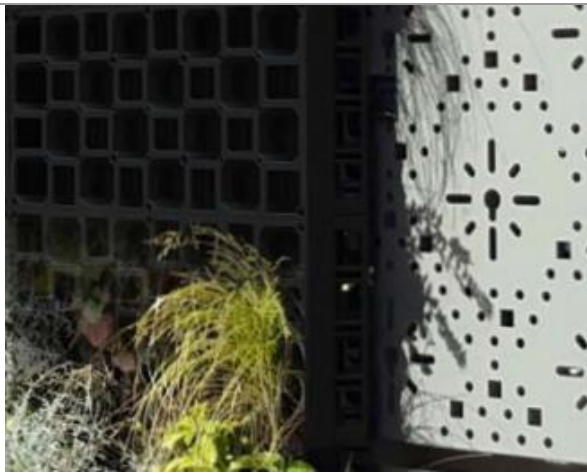
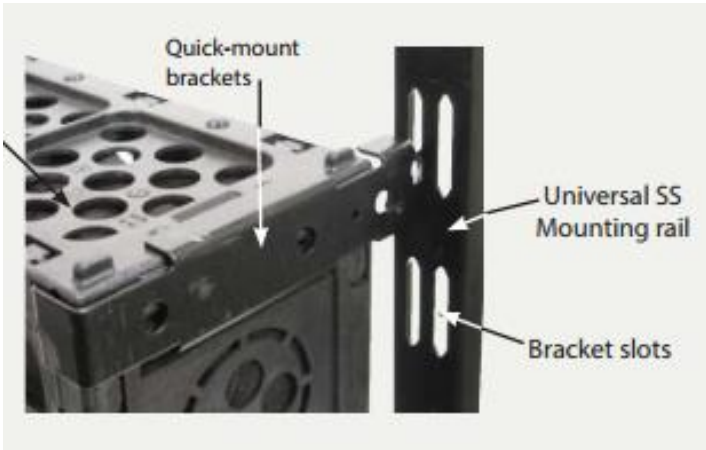
En aquest apartat s'estudiarà el sistema en el qual es suporten les diferents solucions que presenten les empreses per els murs verds, resumit en la Taula 2.

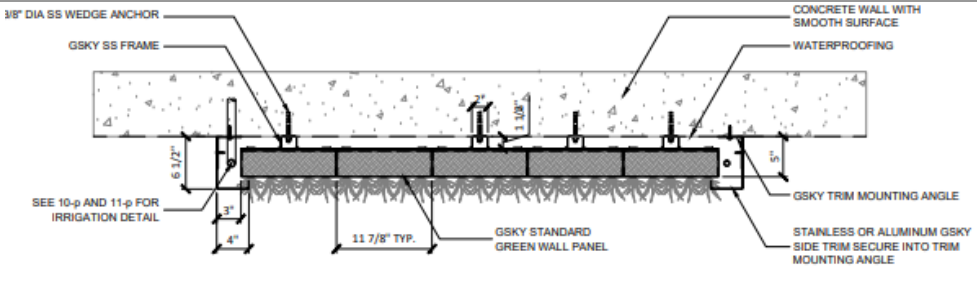

Taula 2. Suport i/o ancoratge

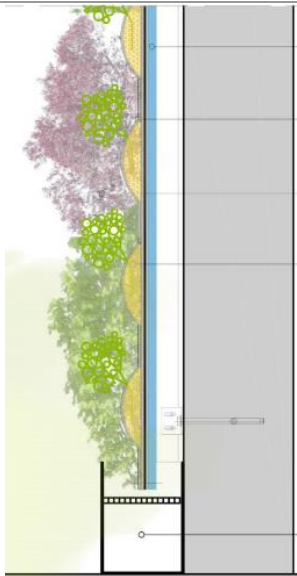
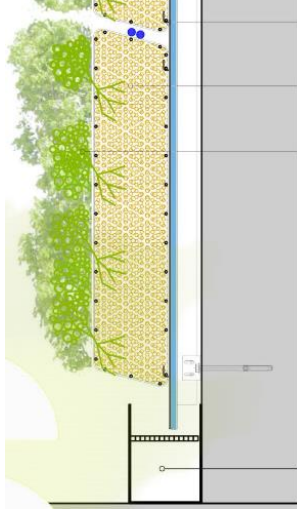
Sistema i/o empresa	Suport i/o ancoratge	Imatges
Buresinnova	Estructura de suport de tipus malla, recolzant el mòdul en unes guies.	

<p>Humko Slovenija – Soft Shell</p>	<p>Mòduls recolzats en dues guies horitzontals.</p>	
<p>Humko Slovenija – Soft Wave</p>	<p>Mòduls recolzats en dues guies horitzontals.</p>	

<p>Semper Green - Flexipanel</p>	<p>Fixat en unes guies verticals, un mòdul col·locat damunt l'altre.</p>	
<p>Elmich – VersiWall GM</p>	<p>Mòduls que pengen de pilastres cargolades a la paret.</p>	

<p>Ignia Green</p>	<p>Planxa d'acer galvanitzat en la qual es recolza el mòdul Biofiver.</p>	
<p>Tournesol Siteworks – Tournesol VGM</p>	<p>Guies d'acer inoxidable, 4 ancoratges per mòdul.</p>	

<p>G-SKY – Pro Wall</p>	<p>Estructura metàl·lica auto portant ancorada a l'exterior de l'edifici.</p>	
<p>Singular Green – Sistema F+P</p>	<p>L'ancoratge del panell és fa mitjançant cargols a l'estructura portant metàl·lica ancorada degudament a la paret exterior de l'edifici, mitjançant mènsoles i cargols. El geotèxtil va ancorat mitjançant grapa.</p>	

<p>Singular Green – Sistema F+P MIXTO</p>	<p>L'ancoratge del panell és fa mitjançant cargols a l'estructura portant metàl·lica ancorada degudament a la paret exterior de l'edifici, mitjançant mènsoles i cargols.</p> <p>El geotèxtil va ancorat mitjançant grapa.</p>	 <p>Capa impermeable. Panel SG-P10.</p> <p>Soporte vegetal. Geotextil SG-M500.</p> <p>Acabado vegetal. Plantas seleccionadas por el equipo técnico de SingularGreen.</p> <p>Relleno de bolsillos. Sustrato SG-SPH.</p> <p>Sistema de recogida de agua. Rejilla y canal metálico.</p>
<p>Singular Green – Sistema LEAF BOX</p>	<p>L'ancoratge del panell és fa mitjançant cargols a l'estructura portant metàl·lica ancorada degudament a la paret exterior de l'edifici, mitjançant mènsoles i cargols.</p>	 <p>Sujeción soporte vegetal. Pletina SG-PL100-P.</p> <p>Soporte vegetal. Panel SG-P-LB.</p> <p>Acabado vegetal. Plantas seleccionadas por el equipo técnico de SingularGreen.</p> <p>Sistema de recogida de agua. Rejilla y canal metálico.</p>

Els ancoratges analitzats es caracteritzen, en la seva majoria, per la utilització de cargols, fixant cada un dels mòduls a la façana exterior. Amb aquests sistemes no existeix la possibilitat de treure un mòdul individualment si ha de ser substituït per trencament o bé per plantes mortes, ja que si es necessari el reemplaçament d'un panell del mig de la façana, es necessitaria treure tots els mòduls contigus per poder-lo intercanviar.

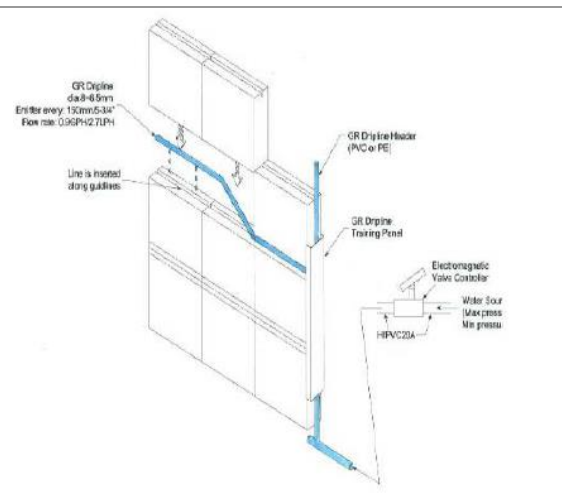
El disseny proposat es basarà en la idea d'una façana ventilada, deixant una càmera d'aire entre els panells modulars i la façana per garantir el flux i renovació de l'aire, també facilitant la instal·lació de reg. A més, es tindrà en compte que el reemplaçament de panells es pugui dur a terme sense retirar cap dels mòduls annexes.

5.3. Sistema de reg

En aquest apartat s'estudiarà els diferents sistemes de reg pel bon funcionament i creixement de la planta durant la seva vida útil, resumit en la Taula 3.

Taula 3. Sistema de reg

Sistema i/o empresa	Sistema de reg
Buresinnova	Goters independents i drenatge individual per mòdul, sistema re circulant per estalvi d'aigua, motor d'aigua i sistema de filtratge. Adob injectat en el sistema de reg.
Humko Slovenija – Soft Shell	Transport d'aigua amb nutrients a través de la capa de llana de roca.

Humko Slovenija – Soft Wave	Cada línia de panell té el seu tub de reg, en suports horitzontals d'acer inoxidable.
Semper Green - Flexipanel	Cada panell té un canal en la part superior amb una mànega de degoteig, subministrant aigua i nutrients.
Elmich – VersiWall GM	Sistema de reg per degoteig.
Ignia Green	Sistema de reg per exudació, així s'aconsegueix la mateixa quantitat de reg en qualsevol punt del mòdul.
Tournesol Siteworks – Tournesol VGM	Sistema mitjançant goters.
G-SKY – Pro Wall	<p>Canonades amb goters integrats damunt de cada panell.</p> 

Singular Green – Sistema F+P	Canonades de reg col·locades damunt del panell, amb un sistema d'aigua re circulant mitjançant un dipòsit a la part inferior d'aquest.
Singular Green – Sistema F+P MIXTO	Canonades de reg col·locades damunt del panell, amb un sistema d'aigua re circulant mitjançant un dipòsit a la part inferior d'aquest.
Singular Green – Sistema LEAF BOX	Canonades de reg col·locades damunt del panell, amb un sistema que es caracteritza pe la evacuació continua de l'aigua. Realitzat mitjançant regs programats.

La majoria de sistemes utilitzen un reg per mitjà de canonades que aporten aigua a través de goters emissors. Aquestes canonades van instal·lades en la part superior del panell. Aquest sistema pot ocasionar trencaments en les canonades per culpa dels mòduls superiors, ja que recolzen el seu pes en els tubs.

El disseny proposat es basarà en un sistema molt similar al del *G-SKY PRO WALL*, deixant una guia en la part superior del mòdul on poder-hi col·locar el tub de reg sense problemes, evitant que el pes del mòdul superior quedi recolzat en la canonada. El reg es realitzarà a través de goters, col·locats a una distància adient per garantir aigua a totes les plantes, o bé en canonades de reg amb goters auto integrats a una certa distància entre ells.

5.4. Material

En aquest apartat s'estudiarà el material utilitzat en els sistemes ja comercialitzats, resumit en la Taula 4.

Taula 4. Material

Sistema i/o empresa	Material
Buresinnova	Polietilè reciclat.
Humko Slovenija – Soft Shell	Tres capes tèxtils, la última d'aquestes impermeables. 6 kg de pes cada panell, 24 kg amb plantes.
Humko Slovenija – Soft Wave	Plàstics d'ABS i fibres de polièster. 13,5 kg de pes cada panell, 70 kg amb plantes.
Semper Green - Flexipanel	Combinació de materials flexibles i lleugers. Marc d'alumini. Fins a 45 kg/m ² .
Elmich – VersiWall GM	Polipropilè reciclat. Fins a 30 kg per mòdul.
Ignia Green	Polipropilè reciclat. 48 kg/m ² .
Tournesol Siteworks – Tournesol VGM	Polipropilè i materials reciclats.

G-SKY – Pro Wall	Estructura i carcassa del panell d'acer inoxidable.
Singular Green – Sistema F+P	Estructura portant d'alumini anoditzat, panell de PVC i geotèxtil mineral de doble membrana. Grapa d'acer inoxidable.
Singular Green – Sistema F+P MIXTO	Estructura portant d'alumini anoditzat, panell de PVC i geotèxtil mineral de doble membrana. Grapa d'acer inoxidable.
Singular Green – Sistema LEAF BOX	Panells de PVC i acer galvanitzat, estructura portant d'alumini anoditzat.

La majoria de sistemes utilitzen materials reciclats o metalls com l'alumini que, segons la filosofia “*Cradle to Cradle*”, no estan dins de la llista de materials prohibits. El fet d'utilitzar materials reciclats suposa el donar-los-hi una segona vida útil, reduint així la contaminació i, per tant, buscant més sostenibilitat en tot el procés.

El pes del mòdul estarà al voltant dels 20 kg en saturació d'aigua ja que és de dimensions i material molt similars al de l'empresa Buresinnova, la qual especifica aquest valor en la seva descripció tècnica. Aquest pes poc excessiu fa que sigui manipulable per l'operari en el moment del muntatge.

El disseny proposat es basarà en la utilització de plàstics reciclats (polipropilè) per els mòduls i les seves peces, atesa la seva facilitat de conformació, i d'alumini per els perfils d'ancoratge. Els cargols utilitzats seran de resistència 8.8, d'acer al carboni.

5.5. Substrat

Aquest apartat estudiarà el substrat utilitzat per al correcte creixement de les plantes, resumit en la Taula 5.

Taula 5. Substrat

Sistema i/o empresa	Substrat
Buresinnova	Fibra de coco i torba.
Humko Slovenija – Soft Shell	Capa de llana de roca o substrat mineral.
Humko Slovenija – Soft Wave	<i>Front mineral substrate.</i>
Semper Green - Flexipanel	Informació no disponible.
Elmich – VersiWall GM	Informació no disponible.
Ignia Green	Substrat vegetal.
Tournesol Siteworks – Tournesol VGM	Informació no disponible.
G-SKY – Pro Wall	Informació no disponible.

Singular Green – Sistema F+P	Geotèxtil SG-M500, acabat vegetal.
Singular Green – Sistema F+P MIXTO	Substrat geotèxtil format per molsa <i>sphangum</i> deshidratada.
Singular Green – Sistema LEAF BOX	Substrat tipus SG-SHP.

En la majoria d'empreses, no hi ha informació disponible pel que fa al substrat utilitzat pel creixement de les plantes. A més, aquest substrat pot ser molt variat segons el clima i les plantes a utilitzar.

El disseny proposat es basarà en un substrat format per compost i per fibra de coco, és un substrat molt semblant al que utilitzen algunes de les empreses que comercialitzen el sistema modular per a jardins verticals sense cap tipus de problema.

El compost és un producte de la descomposició de residus vegetals (fulles, fruits, flors, branques). Pel que fa a la fibra de coco, és un substrat provinent del processament del fruit del coco, específicament de la fibra que envolta la polpa, per la qual no suposa un dany ambiental. Així doncs, aquesta composició dona lloc a un substrat més afí a la filosofia *Cradle to Cradle*.

5.6. Creixement planta

Aquest apartat estudiarà les inclinacions de creixement de la planta en els sistemes modulars, resumit en la Taula 6.

Taula 6. Creixement planta

Sistema i/o empresa	Creixement planta
Buresinnova	Perpendicular al mòdul.
Humko Slovenija – Soft Shell	Creixement angular.
Humko Slovenija – Soft Wave	Creixement angular.
Semper Green - Flexipanel	Perpendicular al panell.
Elmich – VersiWall GM	Perpendicular al mòdul.
Ignia Green	Perpendicular al mòdul.
Tournesol Siteworks – Tournesol VGM	Perpendicular al mòdul.
G-SKY – Pro Wall	Perpendicular al mòdul.
Singular Green – Sistema F+P	Creixement perpendicular al geotèxtil.
Singular Green – Sistema F+P MIXTO	Creixement perpendicular al geotèxtil.
Singular Green – Sistema LEAF BOX	Creixement perpendicular al panell SG-P-LB. Espècies vegetals plantades in situ al panell.

Un dels principals problemes que pot sorgir dels mòduls plantats en vivers es la seva inclinació ja que la planta creix en la seva posició natural, amb el mòdul horitzontal i les plantes creixent verticalment, però un cop ubicats els mòduls en l'estructura vertical, les plantes tendeixen a buscar de nou la verticalitat, fet que pot comportar problemes de creixement i deformacions de les tiges. A més a més, molts dels sistemes no consideren de forma adequada el volum que assoliran les plantes i la distància de plantació, fet que suposa un elevat nivell de solapament entre plantes.

El disseny proposat serà molt similar al de l'empresa *Humko Slovenija*, en què les plantes creixen lliurement ja que estan lleugerament inclinades, d'aquesta manera no es destorben entre elles i el creixement és més natural. A més, també es proposa fer créixer les plantes dels mòduls en unes espatlleres (veure Figura 5.6.1), per adaptar més el seu creixement a la realitat quan s'hagi d'instal·lar en la façana verticalment.

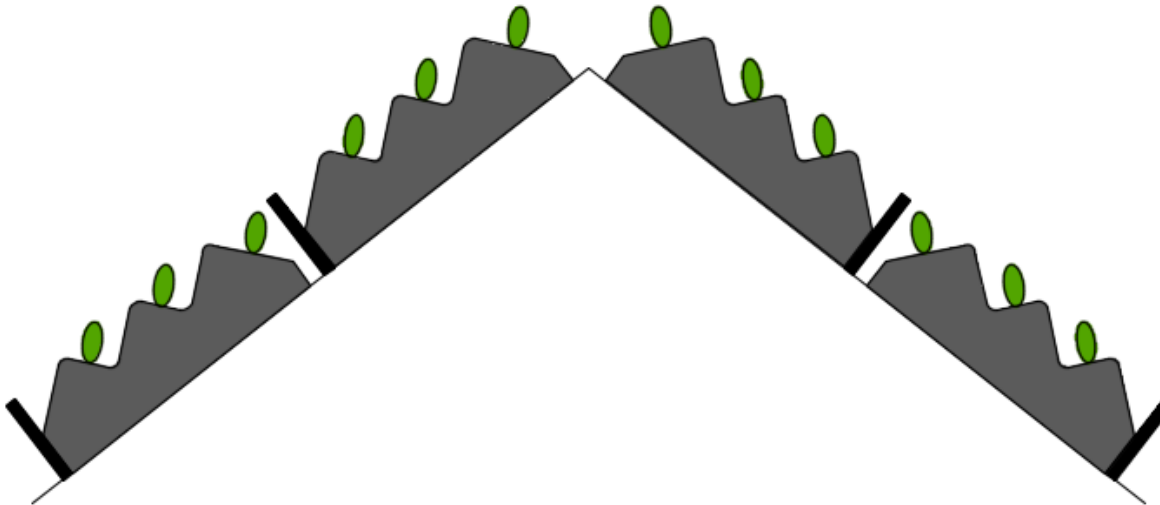


Fig. 5.6.1. Proposta del creixement de la planta en viver, recolzat sobre les espatlleres.

5.7. Acústica

D'estudis previs fets es sap que un dels avantatges que aporta la vegetació és l'aïllament acústic, segons tres maneres diferents:

- Per la difracció del so gràcies a les parts de la planta (tija, fulles i branques).
- Per l'absorció del so mitjançant la vegetació.
- Per la reflexió del so, ja que la vegetació interfereix directament entre l'emissor i el receptor.

En casos en què hi ha vegetació en l'espai urbà, s'atribueix fins a 8 dB de reducció en el soroll a la ciutat, fins i tot més.

En un mur verd, i per l'adició d'una capa més d'aïllant (sistema modular), també se'n derivarà una millora de l'aspecte acústic en els edificis.

En la pràctica però i segons un article realitzat a la UdL¹, aquesta reducció del soroll es veu minvada ja que les vibracions del sistema modular, causades pel soroll, suposen un problema.

El disseny proposat mirarà de solucionar les vibracions amb l'adició d'una tira de cautxú en les grapes metàl·liques en què es recolzarà el mòdul, d'aquesta manera el cautxú les absorbirà i l'aïllament serà més òptim.

¹ Pérez G, Coma J, Barreneche C, de Gracia A, Urrestarazu M, Burés S, Cabeza LF. *Acoustic insulation capacity of Vertical Greenery Systems for buildings*.

5.8. Criteris de disseny

En la Taula 7 queden resumits els criteris de disseny obtinguts a partir de l'estudi de la tecnologia en sistemes modulars.

Taula 7. Resum dels criteris de disseny

Ítems	Descripció
Tipus de sistema de mur verd	Mòduls de mides reduïdes (400x600x80 mm) per evitar un pes excessiu (20 kg aprox. en saturació d'aigua).
Suport i/o ancoratge	Mòduls ancorats amb una estructura lleugera, tot creant un sistema de façana ventilada.
Sistema de reg	Reg mitjançant canonades amb goters integrats.
Material	Materials reciclats pels mòduls (polipropilè), alumini per l'ancoratge i acer al carboni pels cargols.
Substrat	Compost i fibra de coco, adequat per plantes en jardineria vertical.
Creixement planta	Inclinat, per evitar problemes de creixement i solapament entre plantes del mateix mòdul i amb els mòduls superiors.
Acústica	Adició d'una tira de cautxú en el recolzament del mòdul per absorbir les vibracions causades per les ones sonores.

6. Disseny 3D

Aquesta secció presenta el disseny final del mòdul per a murs verds proposat, tenint en compte els criteris de disseny desenvolupats en l'apartat anterior.

6.1. Sistema d'ancoratge

El sistema d'ancoratge del mòdul consta de 4 peces: Un perfil en C (veure Figura 6.1.1) ancorat a la façana exterior de l'edifici, una angular (veure Figura 6.1.2) entre la façana i el perfil C, una grapa metàl·lica (veure Figura 6.1.7) en la qual es recolza el mòdul i, a més, una peça mecànica (veure Figura 6.1.7.) per poder retirar mòduls individualment (*mechanical retaining System*).

Tot aquest ancoratge està degudament dimensionat en l' *Annex 2. Dimensionament del sistema d'ancoratge*.

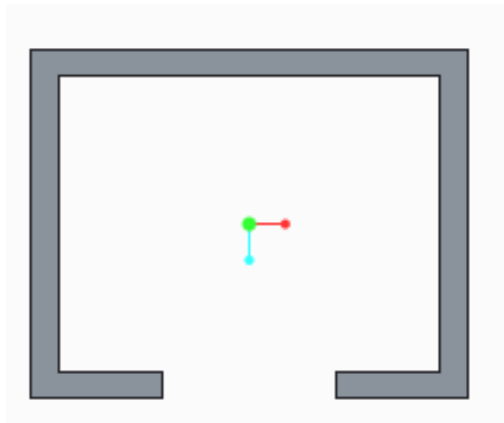


Fig. 6.1.1. Vista de planta del perfil C

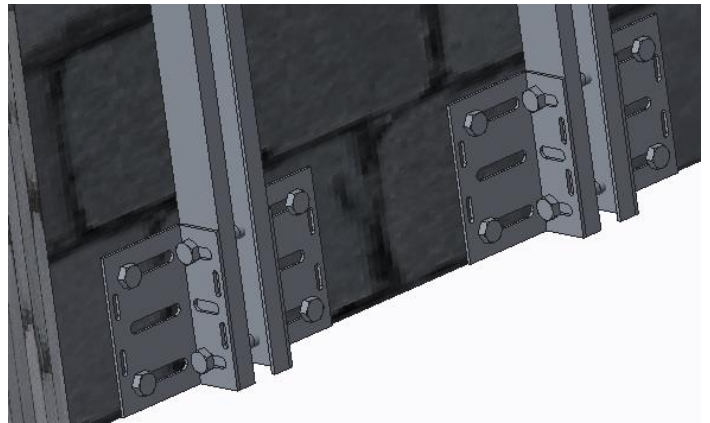


Fig. 6.1.2. Vista en 3D del perfil C ancorat a la façana exterior amb les angulars.

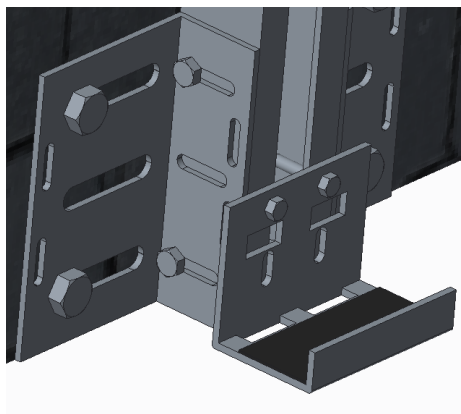


Fig. 6.1.3. Vista en 3D de la grapa metàl·lica ancorada al perfil C.

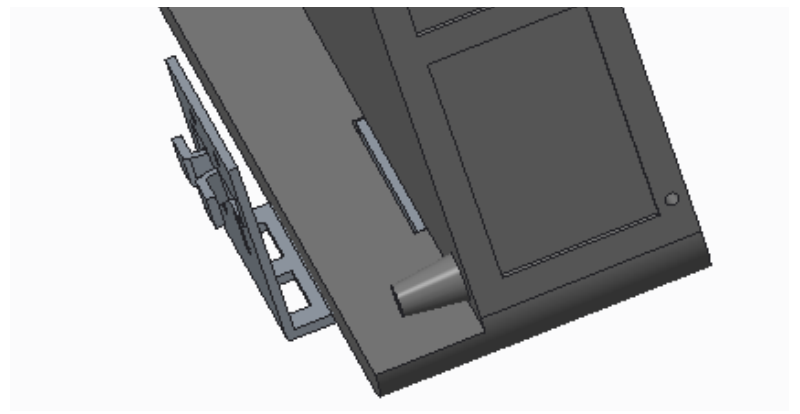


Fig. 6.1.4. Vista en 3D del mòdul subjectat per la grapa metàl·lica.

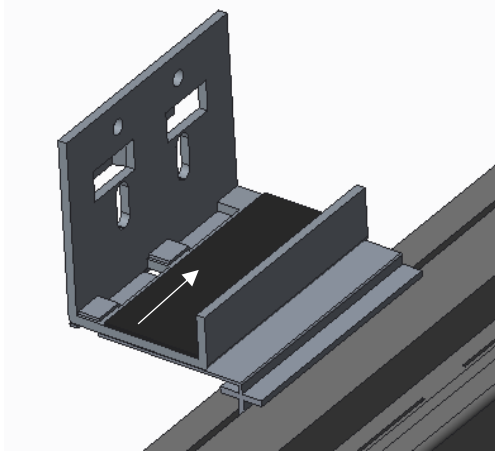


Fig. 6.1.5. Vista en 3D de la peça mecànica (mechanical retaining system) amb la grapa (mechanical retaining system), que subjecta el metàl·lica.

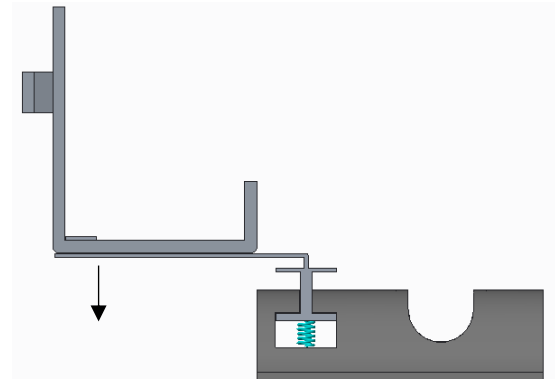


Fig. 6.1.6. Vista de perfil de la peça mecànica (mechanical retaining system), que subjecta el mòdul i està enganxat a la grapa.

Aquesta peça mecànica es mou en dues direccions, el primer moviment (veure Figura 6.1.5) serveix per desenganxar-se de la grapa, el segon moviment (veure Figura 6.1.6) té la finalitat de separar una peça de l'altra; d'aquesta manera es pot separar el mòdul del perfil C i intercanviar-lo si es necessari.

El sistema de ressort (veure Figura 6.1.6) juntament amb el *mechanical retaining system* serveix per mantenir aquesta peça amb la unió amb la grapa metàl·lica.

També, i per minimitzar les vibracions, s'afegeix una tira de cautxú en la grapa metàl·lica que és on es recolza el mòdul (veure Figura 6.1.8); d'aquesta manera s'aconsegueix que els panells modulars no vibrin per l'efecte del soroll i, per tant, suposin un millor aïllament acústic.

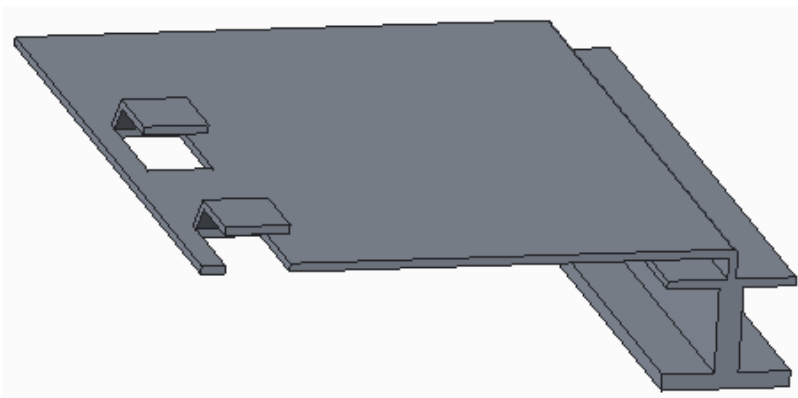


Fig. 6.1.7. Vista en 3D de la peça *mechanical retaining system*.

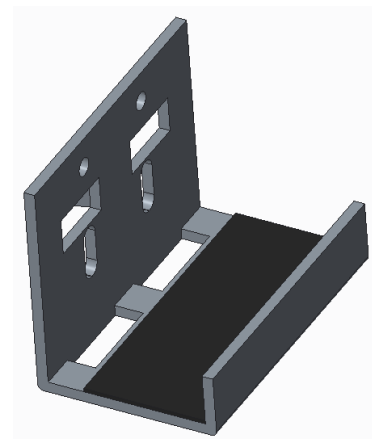






Fig. 6.1.8. Vista en 3D de la grapa metàl·lica amb una tira de cautxú, per minimitzar les vibracions.

Per assegurar el correcte ancoratge en els murs, s'utilitzen diferents cargols segons el tipus de façana, com es pot observar en la Taula 8.

Taula 8. Tipus de cargol segons el tipus de façana

Tipus façana	Imatge
Totxo	 <p>Nylon Plug</p> <p>M7x80mm Anchor + Washer</p>
Formigó armat	 <p>M8x75 Expansion Anchor</p>
Estructures d'acer	
Fusta	

6.2. Mòdul

El mòdul està format per 3 peces: la carcassa (veure Figura 6.2.2), la tapa (veure Figura 6.2.6) i uns separadors interiors (veure Figura 6.2.4), que eviten que el substrat quedi a la part inferior del mòdul quan està en posició vertical. A més, tots els cargols per mantenir unides la tapa i la carcassa.

El conjunt del mòdul (veure Figura 6.2.7), com bé s'ha comentat abans, queda recolzat en la part inferior per la grapa metàl·lica i, en la part superior, pel *mechanical retaining system*.

D'aquesta manera s'aconsegueix salvar un dels problemes existents en aquests sistemes; si es requereix l'intercanvi d'un mòdul que està al centre de la façana no s'han de retirar tots els de la vora ja que, amb el sistema grapa-*mechanical retaining system*, es poden extreure els mòduls individualment.

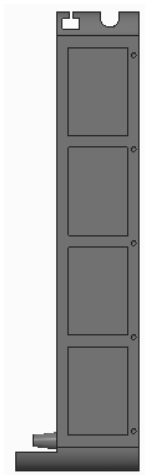


Fig. 6.2.1. Vista de perfil de la carcassa del mòdul.

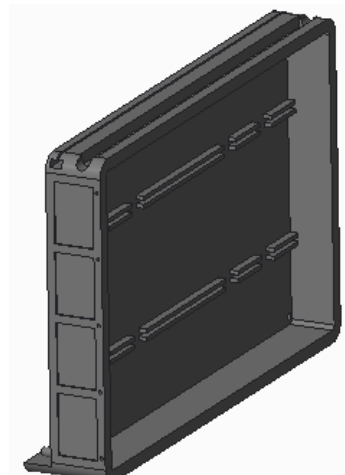


Fig. 6.2.2. Vista en 3D de la carcassa del mòdul.

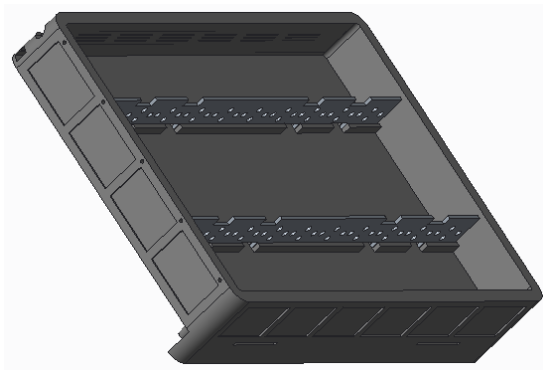


Fig. 6.2.3. Vista en 3D de la carcassa del mòdul amb els separadors.



Fig. 6.2.4. Vista d'alçat del separador del mòdul.

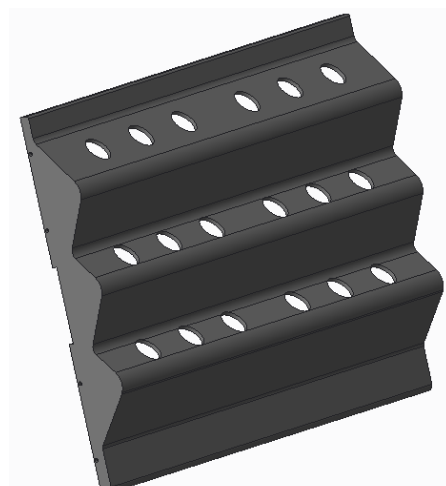
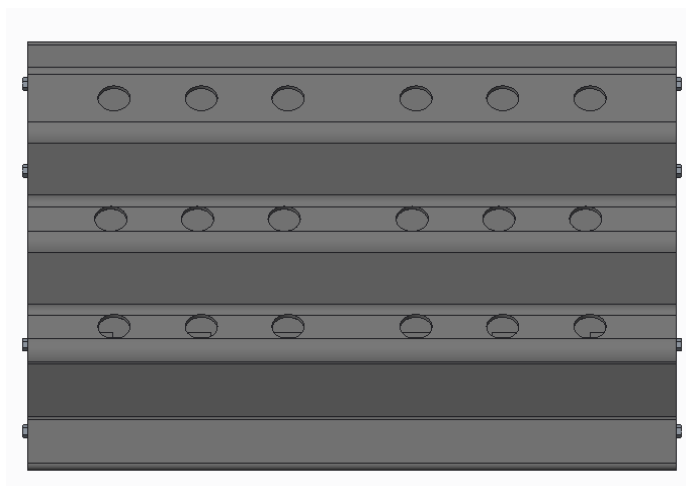


Fig. 6.2.5. Vista d'alçat del mòdul amb la tapa unida amb la carcassa mitjançant 4 cargols per banda.
 Fig. 6.2.6. Vista en 3D de la tapa del mòdul.

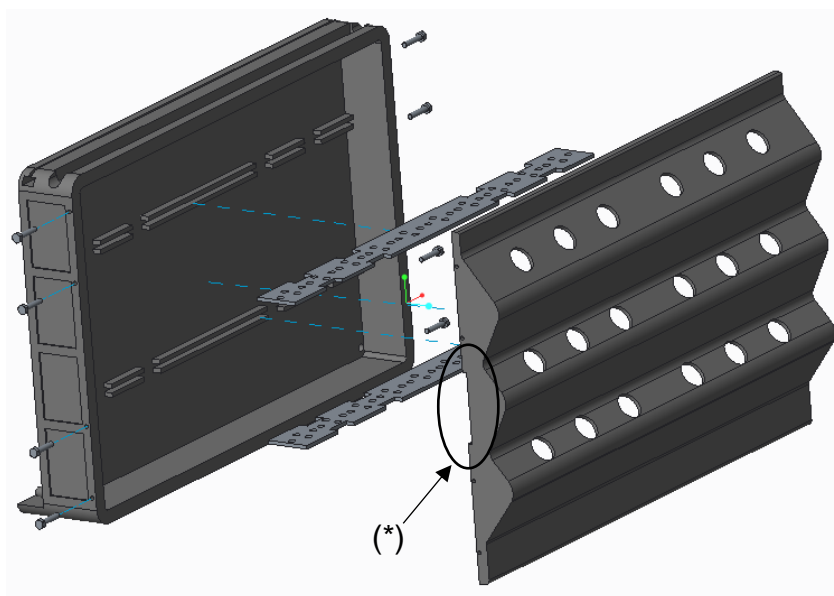


Fig. 6.2.7. Explosionat en 3D del mòdul, la tapa, els separadors i els cargols.
 Fig. 6.2.8. Vista de perfil de la tapa.

Per evitar que la tapa quedi separada del mòdul i assegurar aquesta unió sense cap tipus d'incertesa, s'ha optat per unir les dues parts mitjançant 4 cargols per banda de M6. A més, la tapa té un petit agafador^(*) (veure Figura 6.2.7 o 6.2.8) per facilitar la feina a l'operari en el moment de penjar els mòduls, ja que pesa al voltant dels 20 kg.

6.3. Sistema de reg

Un dels problemes que s'havia de solucionar, per evitar excés de consum d'aigua i garantint el reg en la totalitat del mòdul, era el sistema de reg, a vegades poc eficient i poc fiable. Per això s'ha optat per utilitzar una canonada de reg de 16 mm de diàmetre amb goters integrats, proporcionant el reg per tot el mòdul, deixant passar l'aigua a través d'unes ranures en la part superior d'aquest (veure Figura 6.3.7).

A més, per garantir que la canonada de reg no es desviï de la vertical s'ha dissenyat una peça (veure Figura 6.3.2) per mantenir aquesta direcció, encaixada al lateral del mòdul a pressió.

També, en la part més exterior de la façana anirà col·locat un embellidor, d'aquesta manera queda tapada tota l'estructura de tubs del reg pels mòduls i garantint un mínim d'estanqueïtat. L'embellidor va ancorat amb cargols directament a la façana.

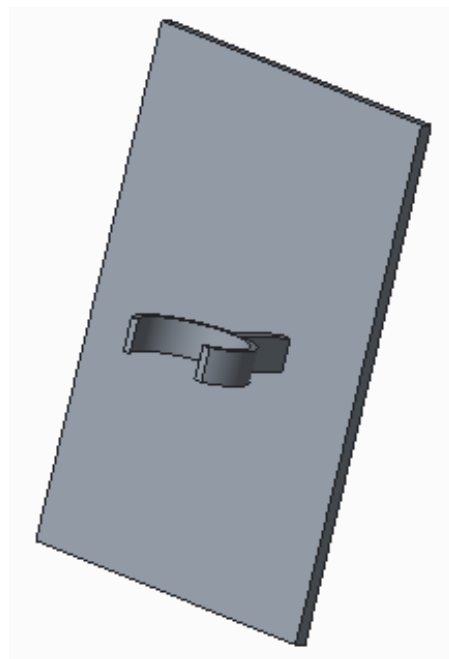
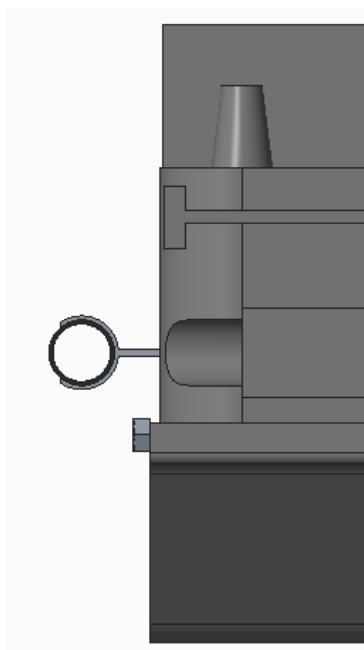


Fig. 6.3.1. Vista en planta de la canonada de reg subjecta per la peça encaixada a pressió al lateral del mòdul.

Fig. 6.3.2. Vista en 3D de la peça lateral encaixada al mòdul a pressió.

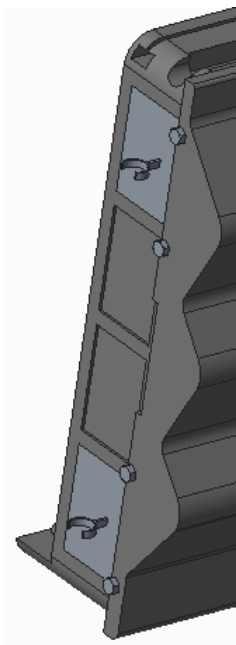


Fig. 6.3.3. Vista en 3D del mòdul amb la peça encaixada a pressió.



Fig. 6.3.4. Vista en 3D del sistema de reg pel mòdul; la canonada superior amb goters integrats per garantir el reg al llarg del mòdul.

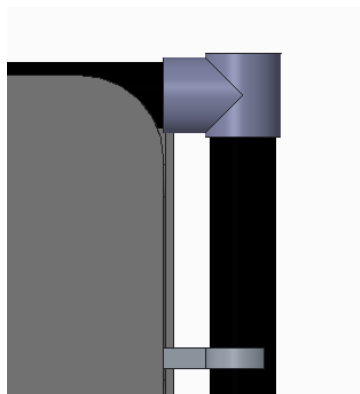


Fig. 6.3.5. Vista en perfil de la peça en T que uneix les canonades de reg.

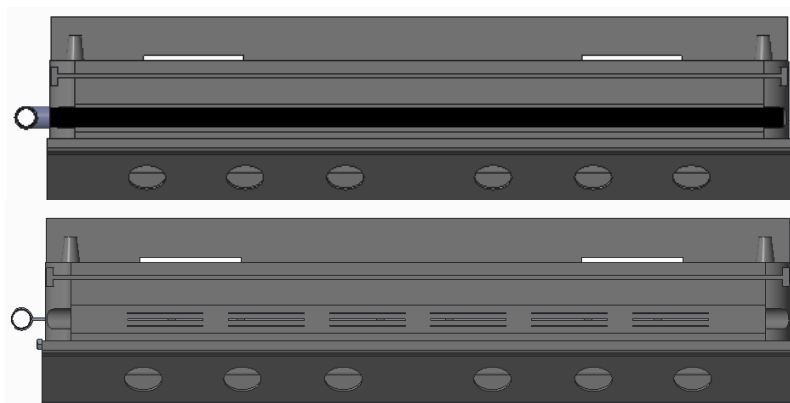


Fig. 6.3.6. i fig. 6.3.7. Vistes en planta del mòdul amb el sistema de reg instal·lat i sense instal·lar; es poden observar les ranures per les quals l'aigua es reparteix de manera homogènia pel mòdul.

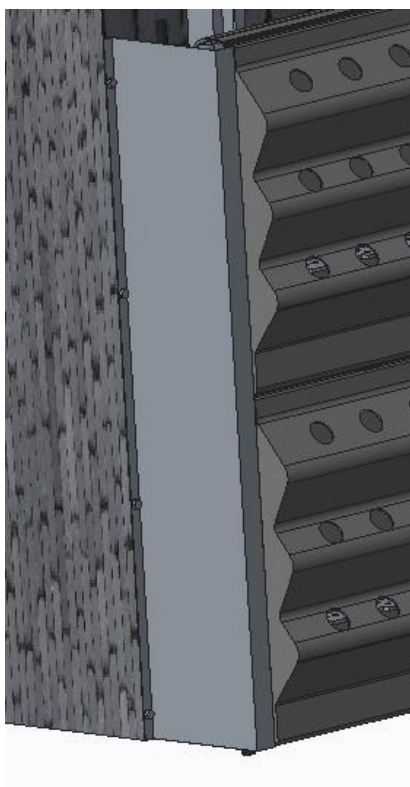


Fig. 6.3.8. Vista en 3D de l'embellidor per garantir l'estanqueïtat del mur verd i, també, per amagar el sistema de reg.

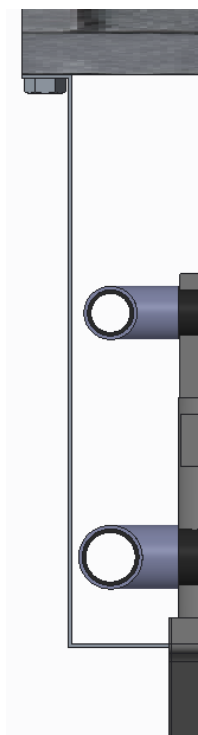


Fig. 6.3.9. Vista en planta de l'embellidor, ancorat a la façana.

6.4. Sistema de drenatge

Per evitar una inundació d'aigua en la part inferior del mòdul s'han afegit uns tubs de drenatge (veure figura 6.4.1) per evitar aquestes acumulacions. Mitjançant aquests tubs es pretén crear un sistema de recuperació d'aigua per aprofitar-la de nou com a aigua de reg.

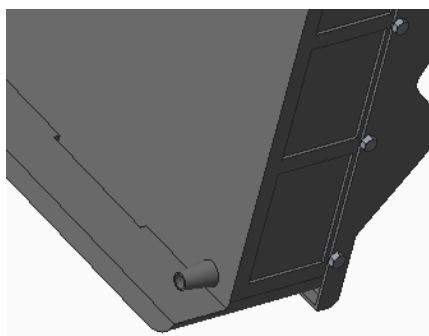


Fig. 6.4.1. Vista en 3D del tub de drenatge en la part inferior del mòdul.

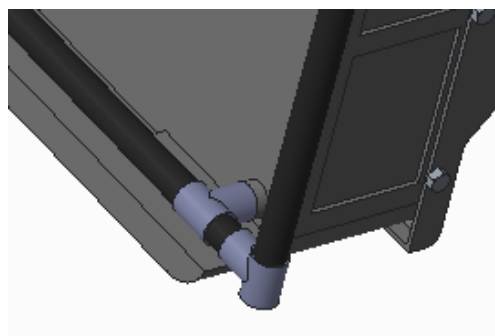


Fig. 6.4.2. Vista en 3D del sistema de drenatge i recuperació d'aigua.

7. Simulació energètica (LIDER I CALENER)

La implementació de murs verds en edificis és una eina molt útil ja que serveix com a sistema passiu d'estalvi d'energia. El fet d'afegir un altra pell a l'edifici suposa un augment de l'aïllament tèrmic i, per tant, un major estalvi. A més, al implementar una façana ventilada d'uns 10 cm, aquest aïllament és major i es garanteix el flux i renovació de l'aire.

La simulació energètica servirà per mostrar els beneficis que suposa afegir aquest sistema de jardineria vertical en edificis.

Amb el software LIDER-CALENER, l'eina unificada i validada pel CTE, s'ha dibuixat un cub de 5x5x2,5 metres, de formigó armat amb un gruix de paret de 0,5 m. S'ha fet una comparativa entre el cub sense sistema modular (veure Figura 7.1) i amb el sistema (veure Figura 7.2).

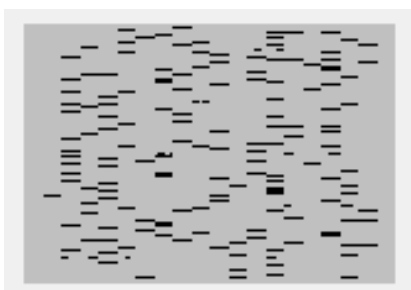


Fig. 7.1. Vista de la secció de façana sense el sistema modular.

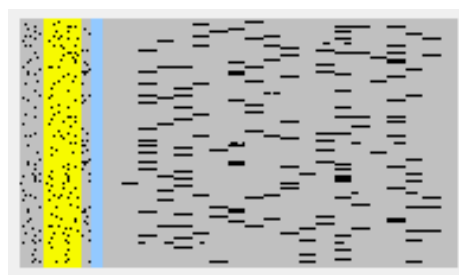


Fig. 7.2. Vista de la secció de façana amb el sistema modular instal·lat.

La façana amb el sistema modular (veure Figura 7.2), està formada per la tapa del mòdul (0,015 m de polipropilè reciclat), el substrat (format de compost + fibra de coco, amb un gruix de 0,055 m), la base del mòdul (0,010 m de polipropilè reciclat), una façana vertical ventilada de 10 cm i una paret de formigó de 0,5 m.

Les característiques del substrat en sec per calcular l'estalvi d'energia són els que venen en la *Taula 9. Paràmetres del substrat*, tal i com afirma Coma et al (2017).

Taula 9. Paràmetres del substrat

Substrat	Conductivitat (W/mK)	Densitat (kg/m ³)	Calor específica (J/kgK)
Fibra de coco + compost	0,229	724	375

En aquests càlculs no es té en compte la vegetació de la planta, per tant, la instal·lació real d'un sistema de jardineria vertical suposaria un major guany d'estalvi d'energia, especialment en el període d'estiu, gràcies a l'efecte ombra.

Els resultats obtinguts per la façana sense el mur verd instal·lat (veure Figura 7.3) són d'una demanda de calefacció anual de 267,9 kWh/m². En canvi, els resultats obtinguts per la façana amb el mur verd instal·lat (veure Figura 7.4) són d'una demanda de calefacció anual de 194,2 kWh/m², el que suposa una reducció d'uns 70 kWh/m² anualment, sense tenir en compte l'efecte de les plantes, que en el cas de l'hivern podria penalitzar en el cas de ser perennes o bé no produir cap efecte en cas de ser caduques.

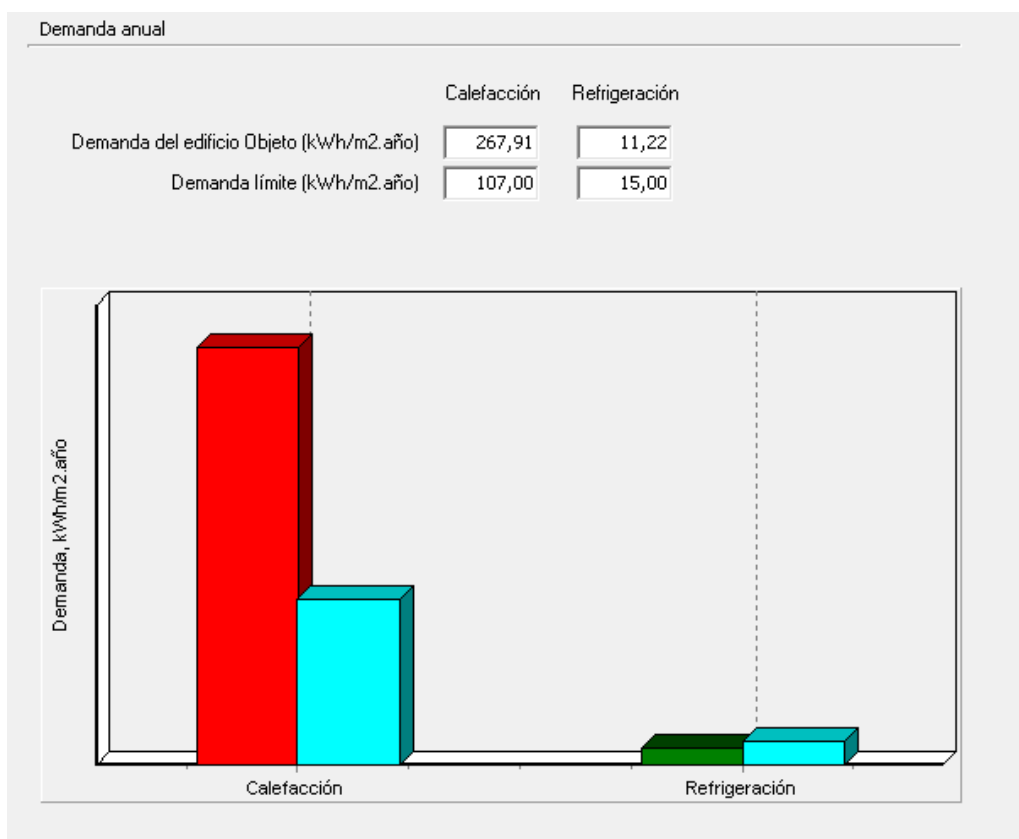


Fig. 7.3. Resultats de la simulació energètica sense el sistema modular.

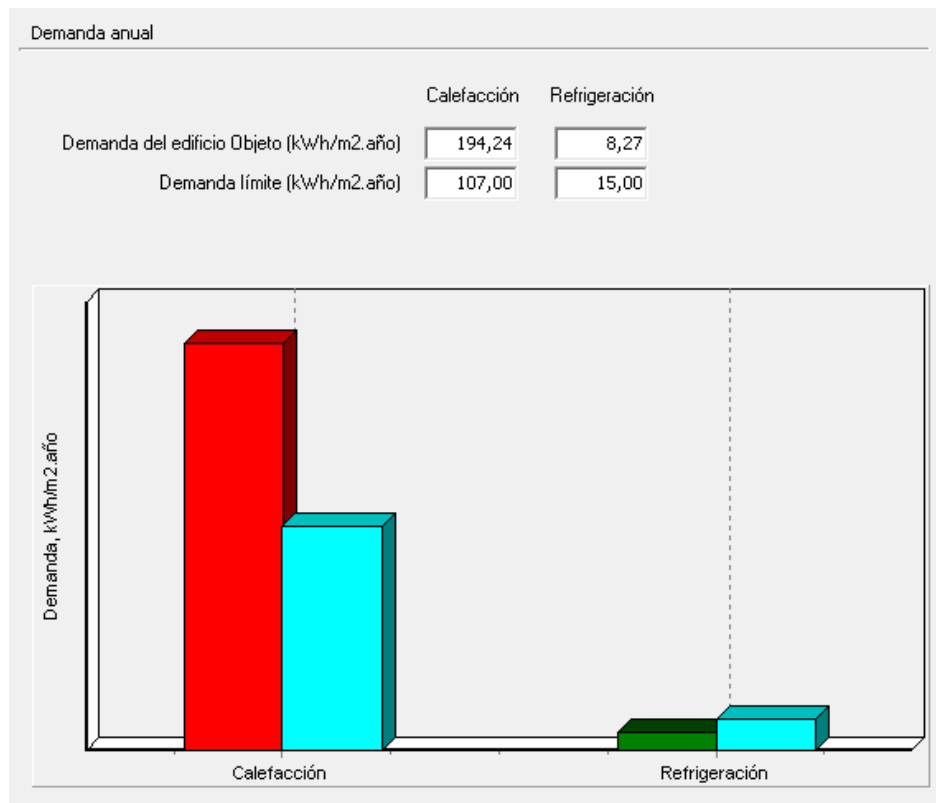


Fig. 7.4. Resultats de la simulaci3 energètica amb el sistema modular.

8. Conclusions

A mesura que s'ha anat desenvolupant el treball s'han anat analitzant el mercat actual en quant a murs verds, les components més importants per implementar un sistema d'aquest tipus i el seu potencial en el mercat actual.

Un sistema d'aquest tipus, instal·lat en una façana, té molts beneficis de caire sostenible per a l'edifici. És per això que s'ha intentat donar a conèixer un sistema d'aquestes característiques, amb tots els avantatges que suposa, ja siguin tèrmics, acústics o bé estètics.

En la primera part del projecte, queda reflectit les carències dels sistemes modulars comercials en l'actualitat, d'aquest anàlisi en deriven unes conclusions que són els criteris de disseny per al sistema de jardineria vertical proposat (veure *Taula 7. Resum dels criteris de disseny*, pàg. 34).

En la segona part, s'ha fet un disseny el més funcional possible, fàcil d'instal·lar, amb un sistema d'ancoratge diferent al dels sistemes comercials i amb el seu pre-dimensionament per evitar trencament. Amb la finalitat de poder ser comercialitzat, suposant una diferència respecte als del mercat ja que s'han implementat una sèrie de millores funcionals. Es pot dir que el mercat actual no ha profunditzat molt en aquest tipus de sistemes, i que encara queda molt per estudiar i millorar, on aquest treball ha intentat aportar les millores, com ja s'ha comentat, en la part més funcional.

La solució final del projecte, tot i tenir algun element d'innovació pel que fa als sistemes modulars, s'ha basat en el mercat actual, seguint els estàndards de l'enginyeria i disseny del producte, donant lloc a una memòria tècnica que pot servir de base pel seu futur desenvolupament industrial.

9. Bibliografia i referències

Llibres:

[1] FENOLLOSA CORAL, JOSEP: Unions cargolades (1993) – Departament d'Enginyeria Mecànica. Edicions UPC. ISBN: 9788498803235

Fonts Web:

<http://www.buresinnova.com/>

<https://humko.si/>

<https://www.sempergreen.com/>

<http://elmich.com/global/>

<http://www.igniagreen.com/>

<http://tournesolsiteworks.com/>

<http://www.omni-ecosystems.com/>

<http://greenscreen.com/>

<https://gsky.com/>

<https://www.singulargreen.com/>

<http://www.jardinesverticales.pe/sustratos-para-jardines-verticales-332-n.html>

<http://www.viverochaclacayo.com.pe/sustrato-ligero-para-jardines-verticales-412-general.html>

<https://www.neolith.com/es/>

<https://www.c2ccertified.org/>

<https://www.ecoemprende.com/cradle-to-cradle/>

Articles i treballs:

- [1] Pérez G, Coma J, Barreneche C, de Gracia A, Urrestarazu M, Burés S, Cabeza LF. *Acoustic insulation capacity of Vertical Greenery Systems for buildings (2016).*
- [2] Coma J, de Gracia A, Chàfer M, Pérez G, Cabeza LF. *Thermal characterization of different substrates under dried conditions for extensive green roofs (2017).*
- [3] PÉREZ LUQUE, GABRIEL: Façanes vegetades. Estudi del seu potencial com a sistema passiu d'estalvi d'energia, en clima mediterrani continental (2010).

Fonts Campus Virtual UdL:

- [1] Tecnologies de fabricació: Plegat de xapa.
- [2] Càlcul i disseny de màquines: Elements roscats.
- [3] Construcció sostenible III: Manual LIDER-CALENER (Josep Bonet).
- [4] Construcció Sostenible I: C2C criteria for the built environment.

Annex 1. Sistemes de Jardineria Vertical. Estat de la Tecnologia

1. Fitxes tècniques de les empreses

En aquest apartat queden resumides les principals característiques de molts dels sistemes de de jardineria vertical que es comercialitzen en diverses empreses en tot el món.

1.1. Buresinnova

Taula 1. Buresinnova

SISTEMA I/O EMPRESA: BURESINNOVA		
Especialitat: Jardineria vertical, cobertes/murs vegetals.	País: Espanya	Web: http://www.buresinnova.com/
Ítem	Descripció	
Tipus	Panells de 40x60x8 cm, de tipus modular.	
Guies/suport/ancoratge	Estructura de suport de tipus malla, recolzant el mòdul en unes guies (veure figura 1.1.1). Difícil d'intercanviar, sense seguretat per evitar ser robat.	
Sistema de reg	Goters independents i drenatge individual per mòdul, sistema re circulant per estalvi d'aigua, motor d'aigua i sistema de filtratge. Adob injectat en el sistema de reg.	
Material	Polietilè reciclat. 20 kg de pes per mòdul en saturació d'aigua.	
Substrat	Fibra de coco i torba.	
Creixement planta	Perpendicular al mòdul. Tendència de la planta a créixer en vertical, pot crear dificultats en el temps.	

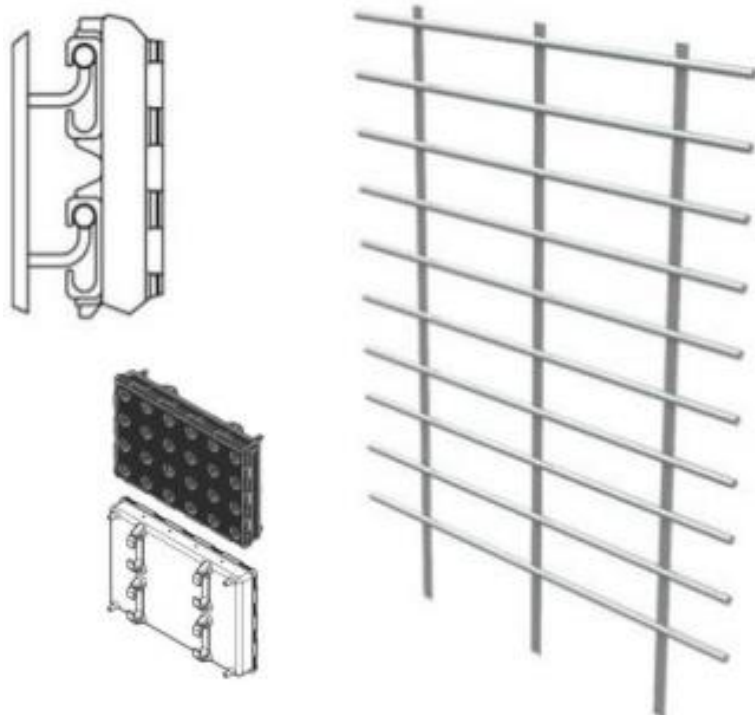


Fig. 1.1.1 Detall ampliat de l'ancoratge del mòdul.



Fig. 1.1.2. Mòdul de Buresinnova amb plantes.

1.2. Humko Slovenija

Taula 2. Humko Slovenija

SISTEMA I/O EMPRESA: HUMKO SLOVENIJA – SOFT SHELL		
Especialitat: Jardineria vertical, cobertes/murs vegetals, jardineria urbana.	País: Eslovènia	Web: https://humko.si/
Ítem	Descripció	
Tipus	Panells de 900x530x120 cm, unions modulars dels panells.	
Guies/suport/ancoratge	Recolzat en dues guies horitzontals d'acer inoxidable.	
Sistema de reg	Transport d'aigua amb nutrients a través de la capa de llana de roca.	
Material	Tres capes tèxtils, la última d'aquestes impermeables. 6 kg de pes cada panell, 24 kg amb plantes.	
Substrat	Capa de llana de roca o substrat mineral.	
Creixement planta	Veure figura 1.2.1.	



Fig. 1.2.1. Detall del creixement de la planta.

Taula 3. Humko Slovenija

SISTEMA I/O EMPRESA: HUMKO SLOVENIJA – SOFT WAVE		
Especialitat: Jardineria vertical, cobertes/murs vegetals, jardineria urbana.	País: Eslovènia	Web: https://humko.si/
Ítem	Descripció	
Tipus	Panells d'1,7 metres d'amplada i 0,17 metres de profunditat.	
Guies/suport/ancoratge	En dues guies a dalt i baix del panell (veure figura 1.2.2.).	
Sistema de reg	Cada línia de panell té el seu tub de reg, en suports horitzontals d'acer inoxidable.	
Material	Plàstics d'ABS i fibres de polièster. 13,5 kg de pes cada panell, 70 kg amb plantes.	
Substrat	<i>Front mineral substrate.</i>	
Creixement planta	Veure figura 1.2.2.	

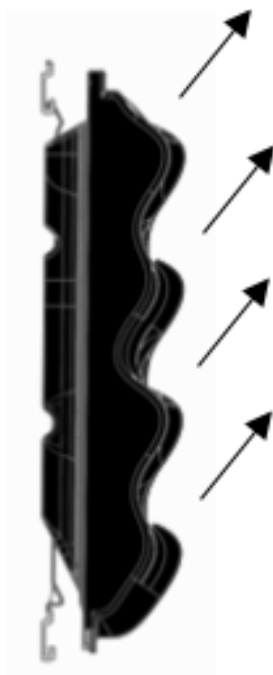


Fig. 1.2.2. Detall del creixement de la planta.

1.3. Semper Green

Taula 4. Semper Green

SISTEMA I/O EMPRESA: SEMPER GREEN - FLEXIPANELS		
Especialitat: Cobertes vegetals, murs vegetals i cobertes vegetals a nivell de terra.	País: Holanda	Web: https://www.sempergreen.com/
Ítem	Descripció	
Tipus	Panells de 62 x 52 cm.	
Guies/suport/ancoratge	Recolzat en unes guies verticals.	
Sistema de reg	Cada panell té un canal en la part superior amb una mànega de degoteig, subministrant aigua i nutrients.	
Material	Combinació de materials flexibles i lleugers. Marc d'alumini. Fins a 45 kg/m ² .	
Substrat	Informació no disponible.	
Creixement planta	Perpendicular al panell.	

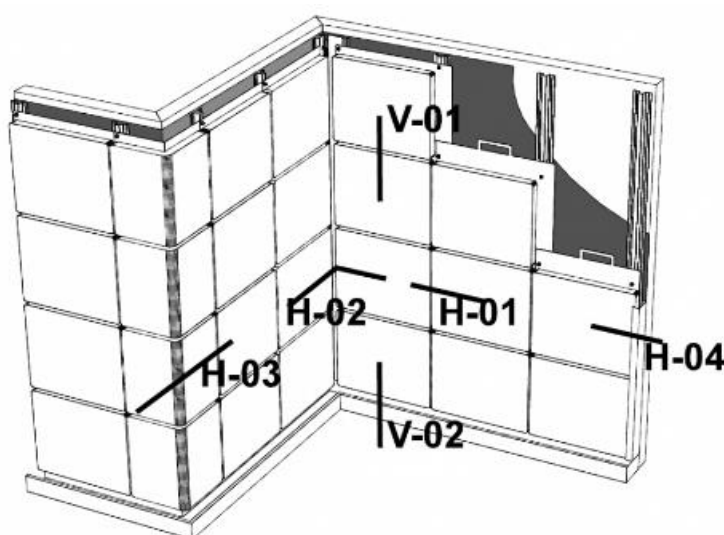


Fig. 1.3.1. Detall del recolzament dels *Flexipanel·s*.

1.4. Elmich

Taula 5. Elmich

SISTEMA I/O EMPRESA: ELMICH – VERSIWALL GM		
Especialitat: Cobertes vegetals i façanes vegetals.	País: Singapur Seus: USA, Austràlia i Malàisia	Web: http://elmich.com/global/
Ítem	Descripció	
Tipus	Es compon de mòduls verticals acoblats a partir de panells estructurals lleugers. Mòduls de 560x480x150 mm.	
Guies/suport/ancoratge	Els mòduls VGM pengen de pilastres que estan cargolades a la paret.	
Sistema de reg	Mitjançant goters.	
Material	Polipropilè reciclat. Fins a 30 kg per mòdul.	
Substrat	Informació no disponible.	
Creixement planta	Perpendicular al mòdul.	



Fig. 1.4.1. Detall del mòdul sense plantes.



Fig. 1.4.2. Detall del mòdul amb plantes.



Fig. 1.4.3. Sistema VersiWall GM instal·lat en la façana d'un edifici.

Taula 6. Elmich

SISTEMA I/O EMPRESA: ELMICH – VERSIWALL GP		
Especialitat: Cobertes vegetals i façanes vegetals.	País: Singapur Seus: USA, Austràlia i Malàisia	Web: http://elmich.com/global/
Ítem	Descripció	
Tipus	Safates individuals amb el seu corresponent dipòsit d'aigua.	
Guies/suport/ancoratge	Ancoratge en 6 punts (veure figura 1.4.4.).	
Sistema de reg	Tubs independents d'aigua per cada dipòsit (veure figura 1.4.5.).	
Material	Polipropilè reciclat.	
Substrat	Informació no disponible	
Creixement planta	Veure figura 1.4.6.	

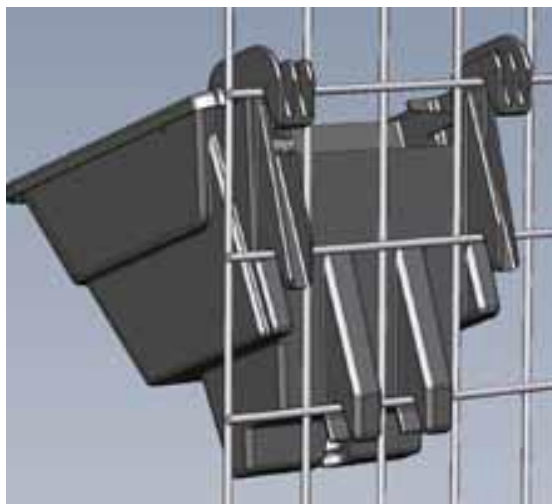


Fig. 1.4.4. Detall de l'ancoratge.

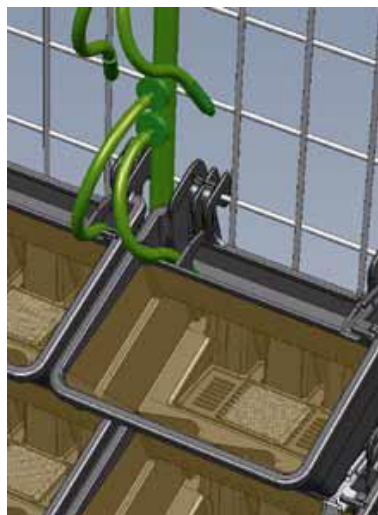


Fig. 1.4.5. Detall del sistema de reg.

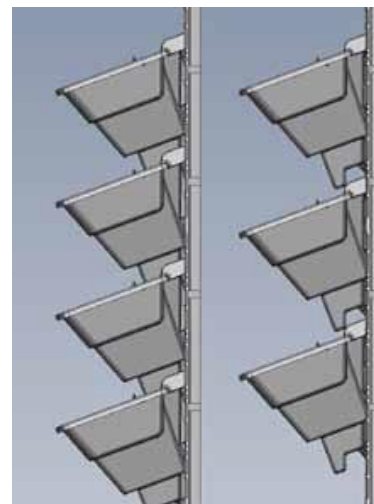


Fig. 1.4.6. Detall de l'encaixament dels dipòsits i del seu creixement.

Taula 7. Elmich

SISTEMA I/O EMPRESA: ELMICH – VERSIWALL GT		
Especialitat: Cobertes vegetals i façanes vegetals.	País: Singapur Seus: USA, Austràlia i Malàisia	Web: http://elmich.com/global/
Ítem	Descripció	
Tipus	Mòduls de 100x12,5x9,5 cm o bé de 3,8x120x10,8 cm (veure figura 1.4.7.).	
Guies/suport/ancoratge	Els mòduls VGT pengen de pilastres que estan cargolades a la paret.	
Sistema de reg	Canonades de reg col·locat a les pilastres.	
Material	Alumini anoditzat. Fins a 70 kg/m ² amb plantes.	
Substrat	Informació no disponible.	
Creixement planta	Perpendicular al mòdul (veure figura 1.4.8.).	

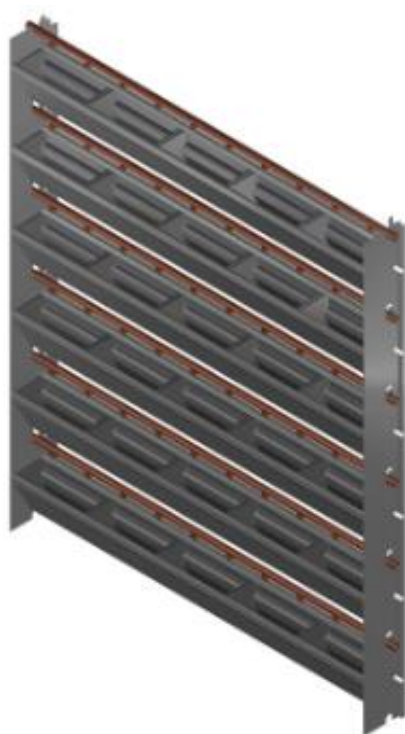


Fig. 1.4.7. Detall del mòdul.



Fig. 1.4.8. Detall del creixement de les plantes.

1.5. Ignia Green

Taula 8. Ignia Green

SISTEMA I/O EMPRESA: IGNIA GREEN		
Especialitat: Cobertes vegetals, façanes vegetals i parets verticals interiors.	País: Espanya	Web: http://www.ignia.green.com/
Ítem	Descripció	
Tipus	Mòduls de 500x500x10 mm.	
Guies/suport/ancoratge	Planxa d'acer galvanitzat en la qual es recolza el mòdul Biofiver (veure figura 1.5.3.).	
Sistema de reg	Sistema de reg per exudació, així s'aconsegueix la mateixa quantitat de reg en qualsevol punt del mòdul.	
Material	Polipropilè reciclat. 48 kg/m ² .	
Substrat	Substrat vegetal.	
Creixement planta	Perpendicular al mòdul.	

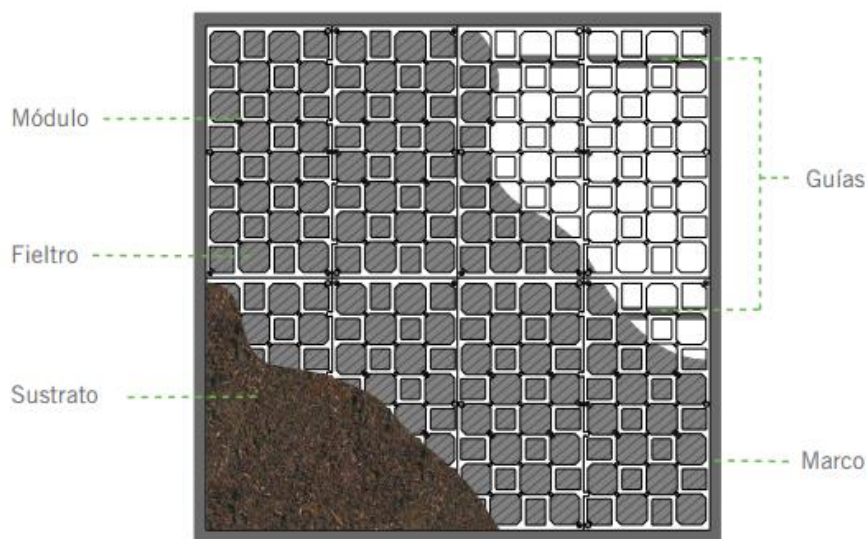


Fig. 1.5.1. Detall del mòdul.

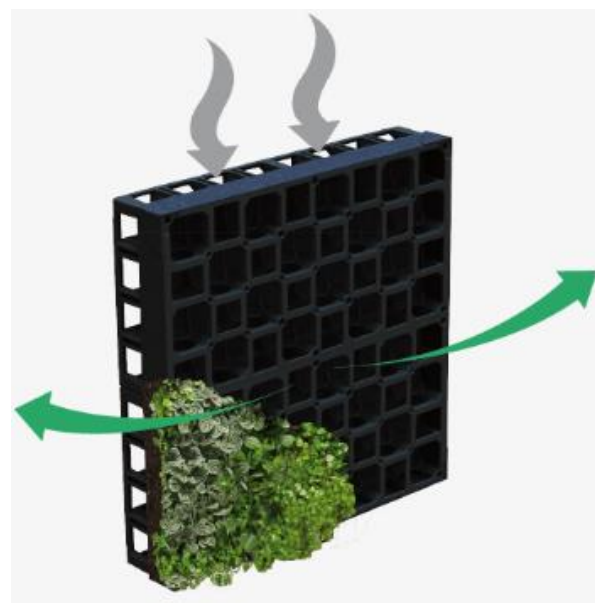


Fig. 1.5.2. Detall del mòdul.



Fig. 1.5.3. Detall de l'ancoratge del mòdul.

1.6. Tournesol SiteWorks

Taula 10. Tournesol SiteWorks

SISTEMA I/O EMPRESA: TOURNESOL SITEWORKS – TOURNESOL VGM		
Especialitat: Cobertes vegetals, façanes vegetals i parets verticals interiors.	País: USA	Web: http://tournesolsiteworks.com/
Ítem	Descripció	
Tipus	Modular, de diferents mides, 48x56 cm.	
Guies/suport/ancoratge	Guies d'acer inoxidable, 4 ancoratges per mòdul (veure figures 1.6.1. i 1.6.2.).	
Sistema de reg	Mitjançant goters.	
Material	Polipropilè i materials reciclats.	
Substrat	Informació no disponible.	
Creixement planta	Perpendicular al mòdul.	

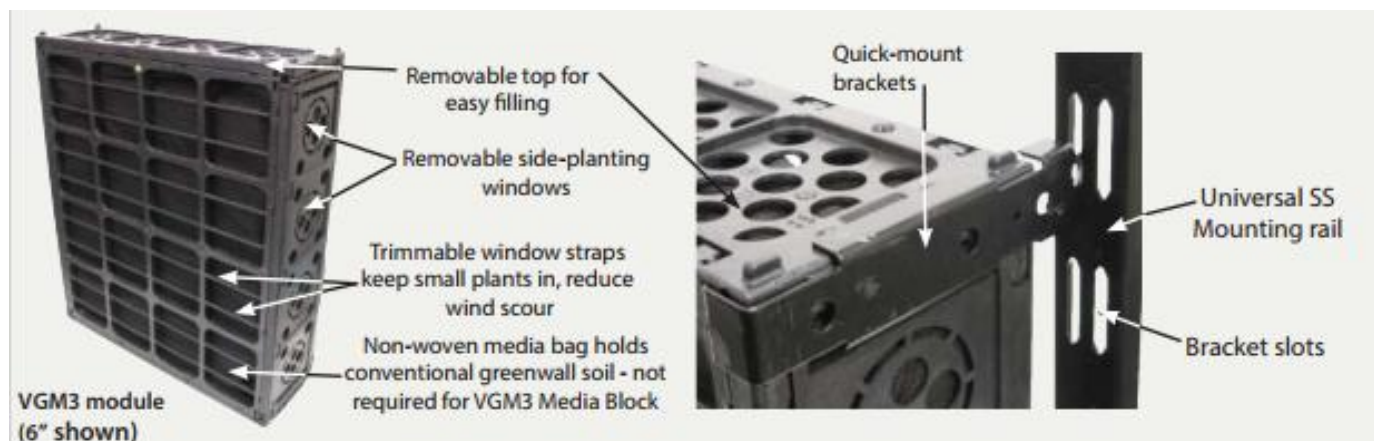


Fig. 1.6.1. Detall del mòdul i del seu ancoratge.

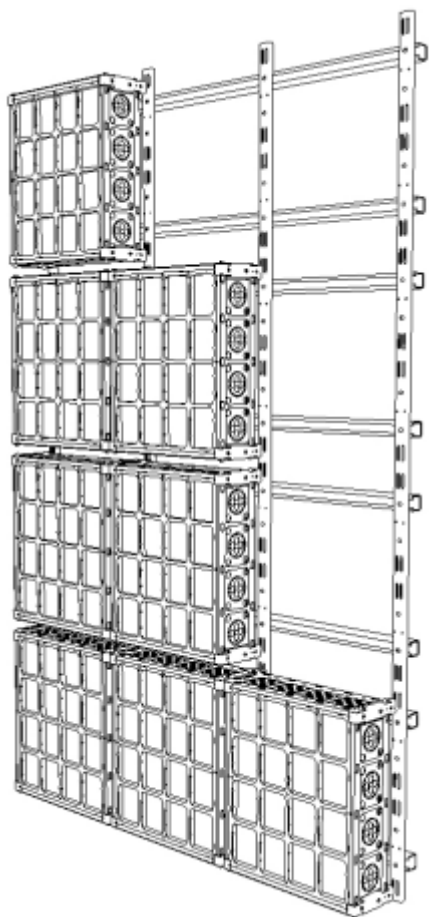


Fig. 1.6.2. Detall de les guies.

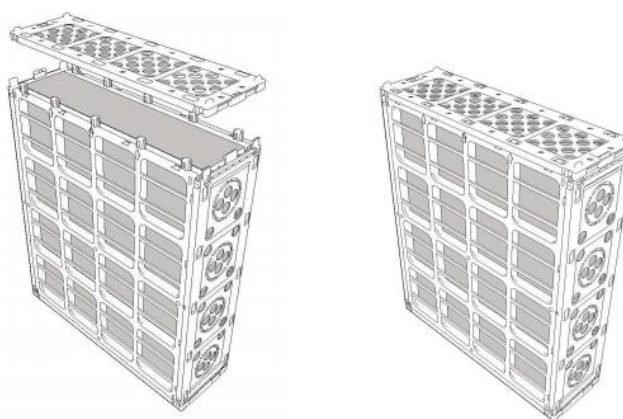


Fig. 1.6.3. Detall del mòdul i la seva tapa.

Taula 11. Tournesol SiteWorks

SISTEMA I/O EMPRESA: TOURNESOL SITEWORKS – VERTIGREEN		
Especialitat: Cobertes vegetals, façanes vegetals i parets verticals interiors.	País: USA	Web: http://tournesolsiteworks.com/
Ítem	Descripció	
Tipus	Malla modular, de diferents mides i pes.	
Guies/suport/ancoratge	La malla modular es recolza sobre uns panells metàl·lics exteriors.	
Sistema de reg	Goters en la part superior de la malla.	
Material	Cable de la malla galvanitzat o revestit de zinc, segons mida – Marc de polipropilè i materials reciclats.	
Substrat	Informació no disponible.	
Creixement planta	Creixement de tipus enfiladissa i perpendicular al mòdul.	

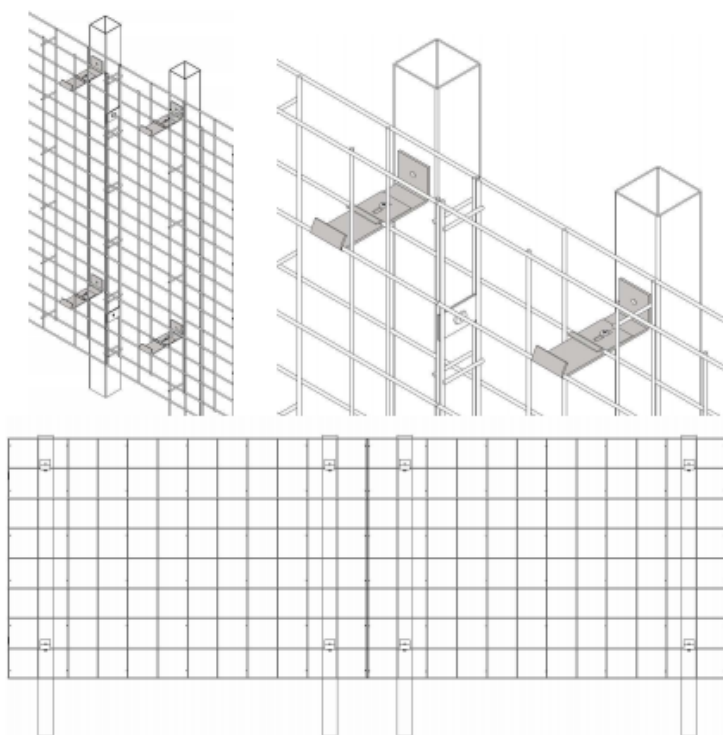


Fig. 1.6.4. Detall de la malla modular i el seu ancoratge.

Taula 12. Tournesol SiteWorks

SISTEMA I/O EMPRESA: TOURNESOL SITEWORKS – HÍBRID VERTIGREEN-VGM		
Especialitat: Cobertes vegetals, façanes vegetals i parets verticals interiors.	País: USA	Web: http://tournesolsiteworks.com/
Ítem	Descripció	
La malla modular es recolza sobre uns panells metàl·lics exteriors.	Malla modular amb un mòdul VGM acoblat al centre. Afavorint el creixement més ràpid de la planta i la cobertura total de la malla.	
Guies/suport/ancoratge	La malla modular es recolza sobre uns panells metàl·lics exteriors.	
Sistema de reg	Irrigació instal·lada en la part lateral de la malla.	
Material	Cable de la malla galvanitzat o revestit de zinc, segons mida – Marc i mòdul de polipropilè i materials reciclats.	
Substrat	Informació no disponible.	
Creixement planta	Creixement de tipus enfiladissa.	

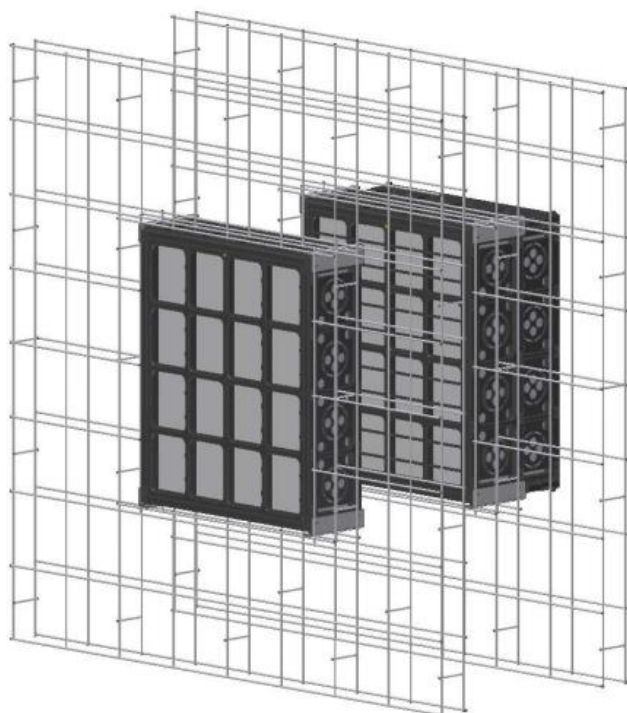


Fig. 1.6.5. Detall del sistema híbrid.

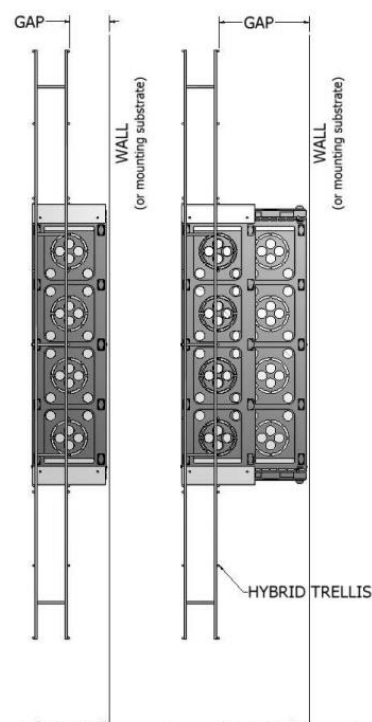


Fig. 1.6.6. Detall del sistema híbrid.

1.7. Omni Ecosystems

Taula 13. Omni Ecosystems

SISTEMA I/O EMPRESA: OMNI ECOSYSTEMS – OMNI TAPESTRY		
Especialitat: Cobertes vegetals, façanes vegetals i parets verticals interiors.	País: USA	Web: http://www.omni-ecosystems.com/
Ítem	Descripció	
Tipus	Mòduls de 450x1200x120 mm.	
Guies/suport/ancoratge	Recolzat damunt d'unes guies.	
Sistema de reg	Sistema de reg per degoteig d'alta eficiència.	
Material	45 kg per mòdul.	
Substrat	Informació no disponible.	
Creixement planta	Veure figura 1.7.1.	

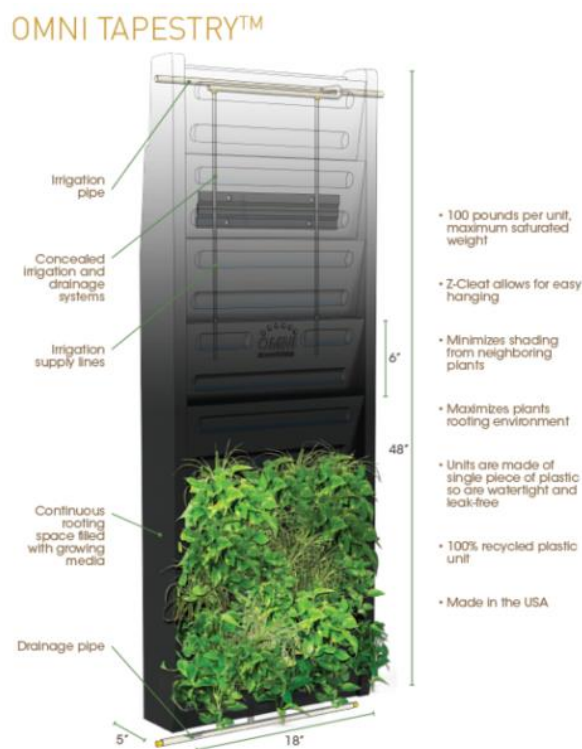


Fig. 1.7.1. Detall del mòdul.

Taula 14. Omni Ecosystems

SISTEMA I/O EMPRESA: OMNI ECOSYSTEMS – OMNI FACADE		
Especialitat: Cobertes vegetals, façanes vegetals i parets verticals interiors.	País: USA	Web: http://www.omni-ecosystems.com/
Ítem	Descripció	
Tipus	Malla modular.	
Guies/suport/ancoratge	Malla enganxada amb uns suports directament a la paret exterior (veure figura 1.7.2.).	
Sistema de reg	Sistema de reg d'alta eficiència.	
Material	Marc d'alumini.	
Substrat	Informació no disponible.	
Creixement planta	Veure figura 1.7.3.	



Fig. 1.7.2. Detall del mòdul i el seu ancoratge.



Fig. 1.7.3. Detall del creixement de les plantes.

1.8. Green Screen

Taula 15. Green Screen

SISTEMA I/O EMPRESA: GREEN SCREEN – MODULAR PANELS		
Especialitat: Disseny de paisatges urbans.	País: Los Ángeles, USA	Web: http://greenscreen.com/
Ítem	Descripció	
Tipus	Malla tridimensional de diferents mides, personalitzable.	
Guies/suport/ancoratge	Mòdul ancorat directament a la paret exterior de l'edifici.	
Sistema de reg	Instal·lat al peu de les plantes, de tipus enfiladissa. O bé en les jardineres en les què s'ubiquen les plantes.	
Material	Filferro soldat, d'acer galvanitzat	
Substrat	Informació no disponible.	
Creixement planta	De tipus enfiladissa, plantades des de l'inferior de la malla	



Fig. 1.8.1. Detall del creixement de les plantes.



Fig. 1.8.2. Detall del creixement de les plantes i la malla metàl·lica.



Fig. 1.8.3. Instal·lació de la malla en un edifici (The Market Place – Oviedo).

1.9. G-SKY

Taula 16. G-SKY

SISTEMA I/O EMPRESA: G-SKY – BASIC WALL		
Especialitat: Cobertes i façanes vegetades.	País: Florida, USA	Web: https://gsky.com/
Ítem	Descripció	
Tipus	Mòdul constituït per un enreixat de petites dimensions integrat a una jardineria rectangular.	
Guies/suport/ancoratge	Ancoratge dels mòduls a uns perfils d'acer fixats a l'edifici.	
Sistema de reg	Goters integrats a l'estructura	
Material	Perfils i xapa d'acer inoxidable.	
Substrat	Informació no disponible.	
Creixement planta	Creixement de tipus enfiladissa.	

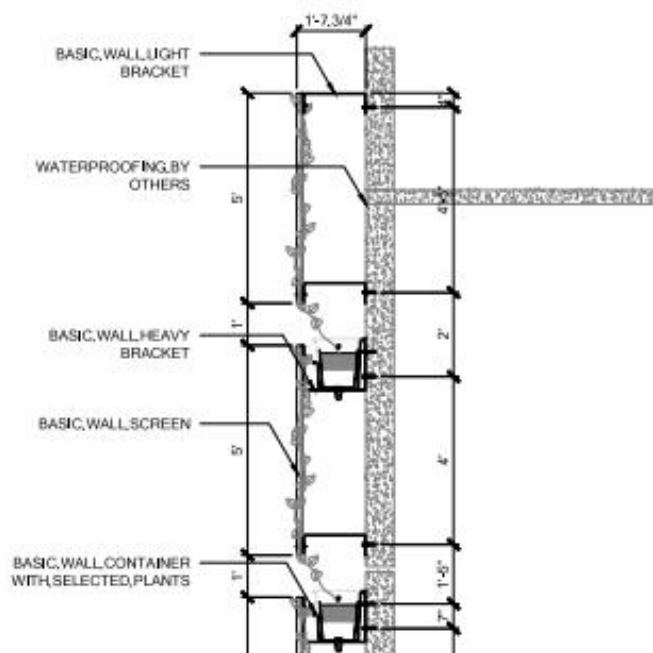


Fig. 1.9.1. Detall de perfil del mòdul constituït per un enreixat.



Fig. 1.9.2. Visualització 3D del mòdul ancorat a la façana.

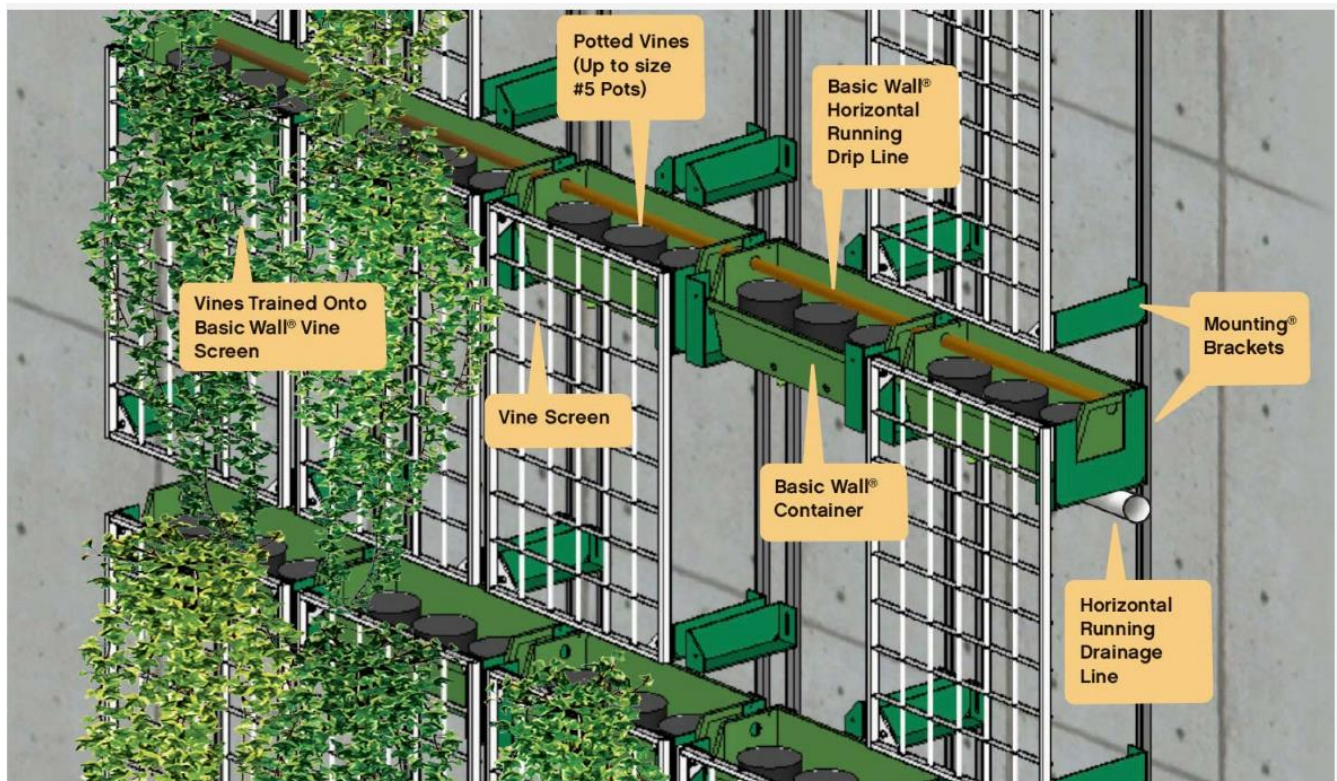


Fig. 1.9.3. Detall en 3D del sistema *Basic Wall*.



Fig. 1.9.4. Yoo on the park - Atlanta.

Taula 17. G-SKY

SISTEMA I/O EMPRESA: G-SKY – PRO WALL		
Especialitat: Cobertes i façanes vegetades.	País: Florida, USA	Web: https://gsky.com/
Ítem	Descripció	
Tipus	Panells de 28x28x7,6 cm, ancorats a una estructura metàl·lica auto portant.	
Guies/suport/ancoratge	Estructura metàl·lica auto portant ancorada a l'exterior de l'edifici.	
Sistema de reg	Canonades amb goters integrats damunt de cada panell.	
Material	Estructura i carcassa del panell d'acer inoxidable.	
Substrat	Informació no disponible.	
Creixement planta	Perpendicular al mòdul	

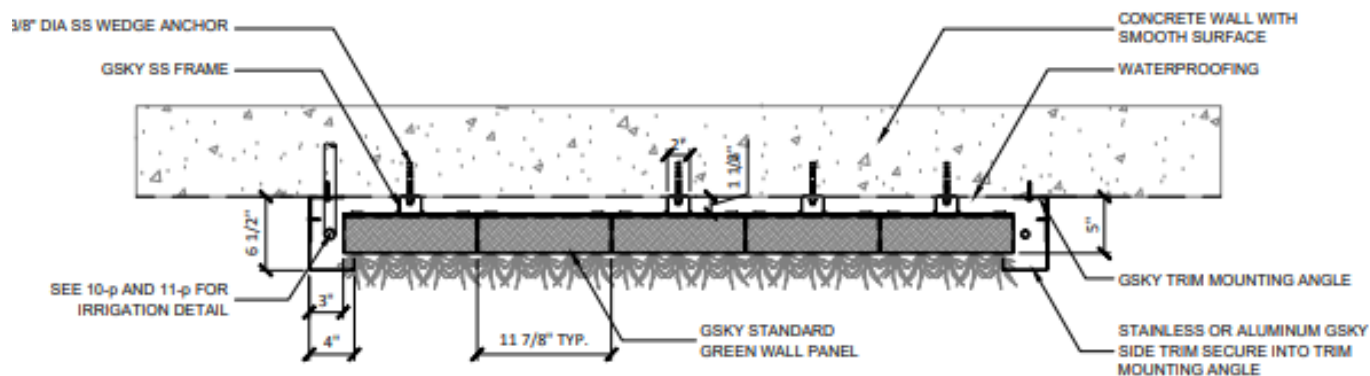


Fig. 1.9.5. Vista en planta de l'ancoratge a la façana de l'estructura.

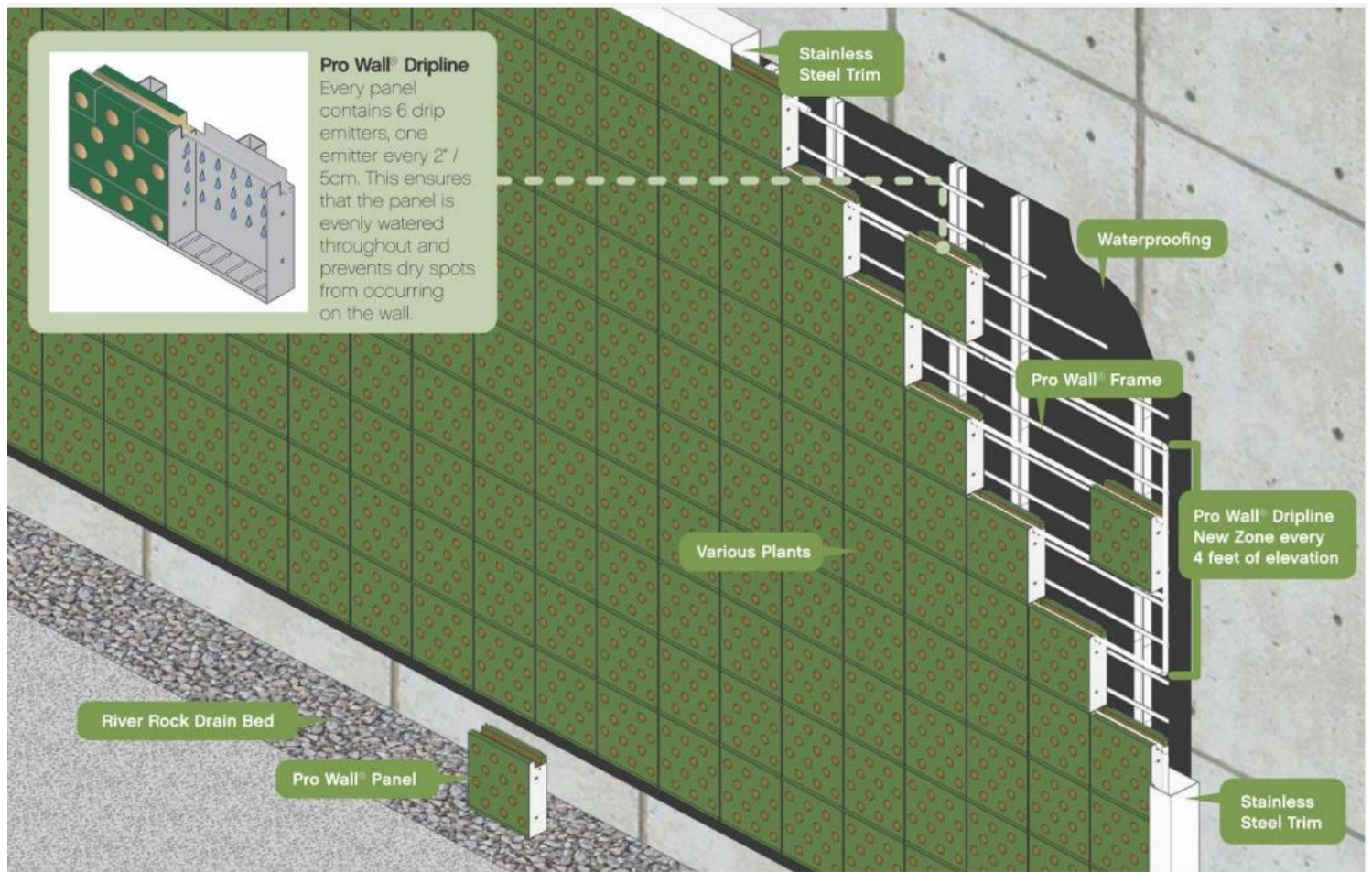


Fig. 1.9.6. Vista de la instal·lació del sistema *Pro Wall*.

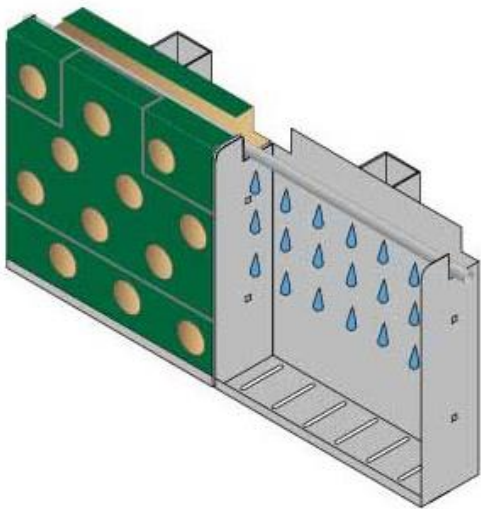


Fig. 1.9.7. Detall del sistema de reg.



Fig. 1.9.8. Incyte pharmaceuticals – Wilmington.

1.10. Singular Green

Taula 18. Singular Green

SISTEMA I/O EMPRESA: SINGULAR GREEN – SISTEMA F+P		
Especialitat: Cobertes i façanes vegetades.	País: Sant Vicente del Raspeig, Espanya	Web: https://www.singulargreen.com/
Ítem	Descripció	
Tipus	Panell de PVC de 100 mm d'espessor. Damunt del panell s'hi col·loca el geotèxtil SG-M500 amb un espessor de 3,8mm. Càmera d'aire entre paret de l'edifici i panell.	
Guies/suport/ancoratge	L'ancoratge del panell és fa mitjançant cargols a l'estructura portant metàl·lica, ancorada degudament a la paret exterior de l'edifici mitjançant mènsules i cargols. El geotèxtil va ancorat mitjançant grapa.	
Sistema de reg	Canonades de reg col·locades damunt del panell, amb un sistema d'aigua re circulant mitjançant un dipòsit a la part inferior d'aquest.	
Material	Estructura portant d'alumini anoditzat, panell de PVC i geotèxtil mineral de doble membrana. Grapa d'acer inoxidable	
Substrat	Geotèxtil SG-M500, acabat vegetal.	
Creixement planta	Creixement perpendicular al geotèxtil.	

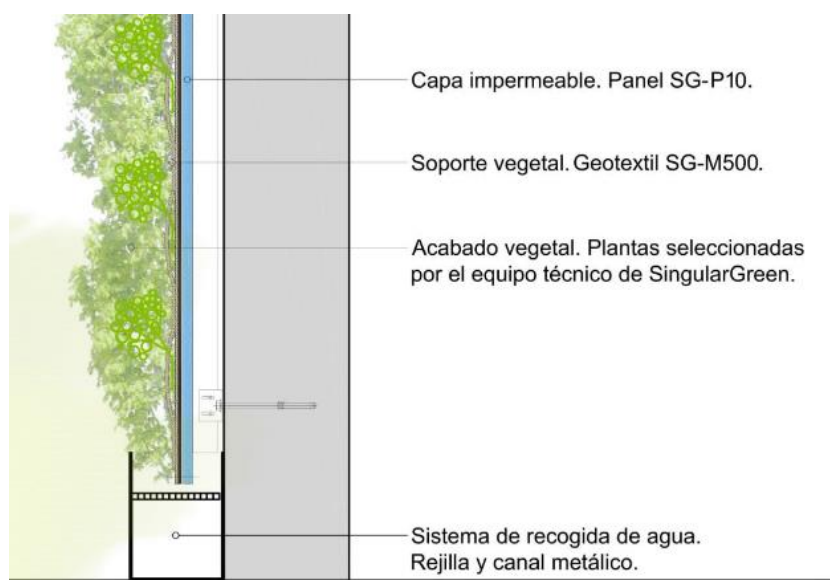


Fig. 1.10.1. Detall constructiu del sistema F+P.



Fig. 1.10.2. Jardí vertical amb el sistema F+P a Palma de Mallorca.

Taula 19. Singular Green

SISTEMA I/O EMPRESA: SINGULAR GREEN – SISTEMA F+P MIXTO		
Especialitat: Cobertes i façanes vegetades.	País: Sant Vicente del Raspeig, Espanya	Web: https://www.singulargreen.com/
Ítem	Descripció	
Tipus	Panell de PVC de 100 mm d'espessor. Damunt del panell s'hi col·loca el geotèxtil SG-M500 amb un espessor de 3,8mm. A més, s'afegeix substrat format per molsa <i>sphangum</i> deshidratada. Càmera d'aire entre paret de l'edifici i panell.	
Guies/suport/ancoratge	L'ancoratge del panell és fa mitjançant cargols a l'estructura portant metàl·lica, ancorada degudament a la paret exterior de l'edifici mitjançant mènsoles i cargols. El geotèxtil va ancorat mitjançant grapa.	
Sistema de reg	Canonades de reg col·locades damunt del panell, amb un sistema d'aigua re circulant mitjançant un dipòsit a la part inferior d'aquest.	
Material	Estructura portant d'alumini anoditzat, panell de PVC i geotèxtil mineral de doble membrana. Grapa d'acer inoxidable	
Substrat	Substrat geotèxtil format per molsa <i>sphangum</i> deshidratada.	
Creixement planta	Creixement perpendicular al geotèxtil.	

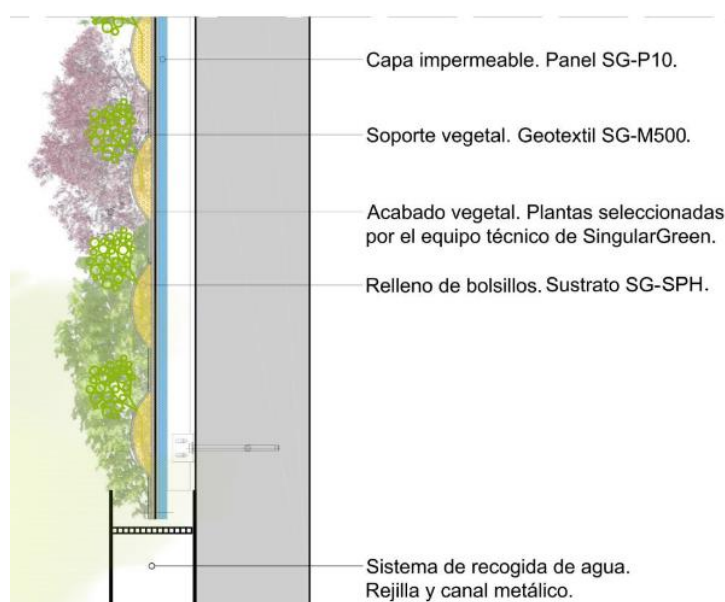


Fig. 1.10.3. Detall constructiu del sistema F+P MIXTO.



Fig. 1.10.4. Jardí vertical amb el sistema F+P a Cádiz.

Taula 20. Singular Green

SISTEMA I/O EMPRESA: SINGULAR GREEN – SISTEMA LEAF BOX		
Especialitat: Cobertes i façanes vegetades.	País: Sant Vicente del Raspeig, Espanya	Web: https://www.singulargreen.com/
Ítem	Descripció	
Tipus	Panell de PVC de 10 mm d'espessor. Damunt s'hi col·loca un panell SG-P-LB format per un enreixat d'acer galvanitzar plastificat, i farcit de substrat SG-SPH. Càmera d'aire entre paret de l'edifici i panell.	
Guies/suport/ancoratge	L'ancoratge del panell és fa mitjançant cargols a l'estructura portant metàl·lica, ancorada degudament a la paret exterior de l'edifici mitjançant mènsoles i cargols.	
Sistema de reg	Canonades de reg col·locades damunt del panell, amb un sistema que es caracteritza pe la evacuació continua de l'aigua. Realitzat mitjançant regs programats.	
Material	Panells de PVC i acer galvanitzat, estructura portant d'alumini anoditzat.	
Substrat	Substrat tipus SG-SHP.	
Creixement planta	Creixement perpendicular al panell SG-P-LB. Espècies vegetals plantades in situ al panell.	

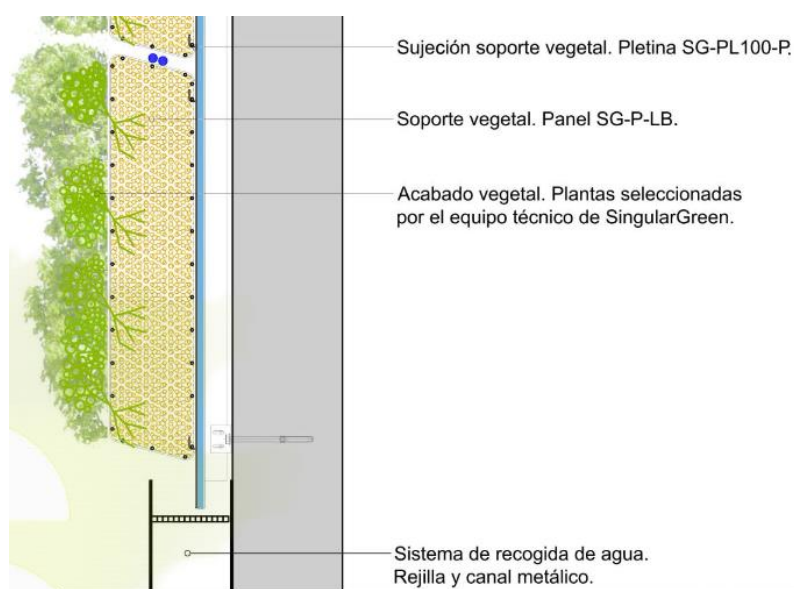


Fig. 1.10.5. Detall constructiu del sistema LEAF BOX.



Fig. 1.10.6. Jardí vertical amb el sistema LEAF BOX a Rubí.

Annex 2. Cradle to Cradle

Aquesta plataforma d'innovació es va crear als anys 90 per Michael Braungart, i William McDonough. *Cradle to Cradle* és principalment un concepte d'emprenedoria i innovació que comença per determinar els beneficis previstos d'un producte o servei en comptes de centrar-se en minimitzar els impactes ambientals negatius.

És una filosofia d'innovació, per la millora de la qualitat dels materials, de l'energia i de la biodiversitat. Aquest programa vol generar beneficis socials, econòmics i eco-efectius per minimitzar els impactes mediambientals. Pretén buscar una nova manera d'interpretar l'ecologisme i redissenyar-lo, a través de la pròxima revolució industrial: la re invenció de processos industrials que aportin solucions saludables i crear una indústria en què tot es pugui reutilitzar, ja sigui perquè el producte torni a la terra en forma de "nutrient biològic" no tòxic o torni a la indústria en forma "nutrient tècnic" que pugui ser reciclat una i altra vegada.

La filosofia es basa en passar d'un model *Cradle to Grave*, en què tots els materials, energia, etc. arriben al seu final, al model *Cradle to Cradle*, en què es busca un cercle tancat en tot el procés (veure Figura 1).

El producte final es cataloga en 5 categories:

- *Material Health.*
- *Material reutilization.*
- *Renewable energy & carbon management.*
- *Water stewardship.*
- *Social fairness.*

De cada categoria se n'obté una qualificació que va del bronze al platinum (aquesta avaluació depèn d'uns ítems per cada categoria), d'aquesta qualificació sortirà la nota final del producte (veure Figura 2).

L'objectiu final d'aquesta filosofia es tancar el cercle de producció, en què no existeixi el final de la vida útil del producte i tot formi part d'aquest procés tancat.



Technosphere
metabolism

Fig. 1. El procés tancat que vol aconseguir la filosofia *Cradle to Cradle*.

QUALITY CATEGORY	BASIC	BRONZE	SILVER	GOLD	PLATINUM
MATERIAL HEALTH				✓	
MATERIAL REUTILIZATION			✓		
RENEWABLE ENERGY & CARBON MANAGEMENT		✓			
WATER STEWARDSHIP			✓		
SOCIAL FAIRNESS				✓	
OVERALL CERTIFICATION LEVEL		✓			

Fig. 2. Qualificació d'un producte segons la categoria.

Annex 3. Dimensionament del sistema d'ancoratge

En aquest annex queda realitzat un pre-càlcul de les forces que actuen en el sistema d'ancoratge per poder dissenyar, sense cap tipus d'incertesa pel que fa al trencament, la grapa metàl·lica que suporta el mòdul. En la Taula 1 queda resumit els paràmetres pels càlculs; en la Taula 2 queda resumit les variables dels càlculs.

Taula 1. Paràmetres		
	Símbol i unitats	Valor
Moment flector	M_f [N·m]	10042,98
Força del moment flector	F_{Mf} [N]	193,13
Força del pes del mòdul	F_{pes} [N]	294,3
Descentrament del pes	d_p [mm]	45,5
Distància cargol-base	d_{cb} [mm]	52
Límit elàstic cargol (resistència 8.8)	σ_e [N/mm ²]	640
Resistència a la tracció Al 6063 T5 (material grapa metàl·lica)	σ_t [N/mm ²]	800

Taula 2. Variables	
	Símbol i unitats
Diàmetre del forat del cargol	d [mm]
Gruix grapa metàl·lica	e [mm]

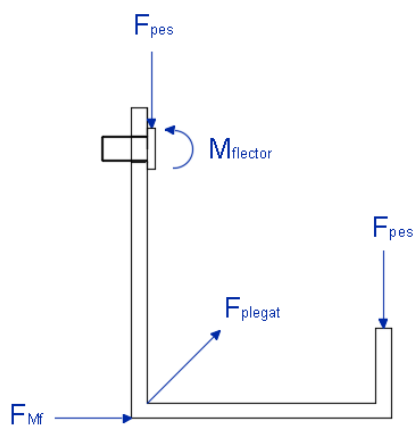


Fig. 1. Diagrama de sòlid lliure de la grapa que subjecta el mòdul.

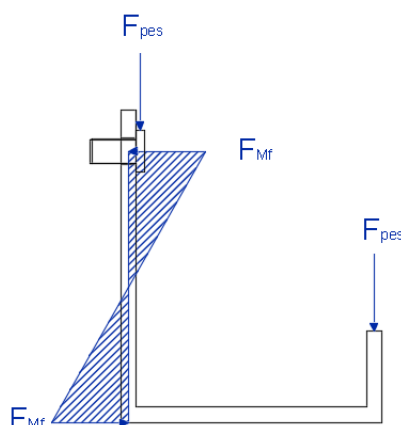


Fig. 2. Diagrama de sòlid lliure de la grapa que subjecta el mòdul.

Tenint en compte que el cargol ha de suportar la força del pes del mòdul F_{pes} (20 kg en saturació d'aigua i suposant un coeficient de seguretat d'1,5, pesa 30 kg) i el moment flector M_f ocasionat pel descentrament d'aquesta força del pes respecte el cargol (veure Figura 1), es calcularà la mètrica del cargol necessària per suportar el mòdul.

Per calcular la tensió equivalent, segons Von Mises:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_n^2 + 3 \cdot \tau^2} \leq \sigma_{adm} \quad (\text{eq. 1})$$

On:

σ_n : Esforç normal o axial

τ : Esforç tallant

Sabent que:

$$A_t = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (\text{eq. 2})$$

$$\sigma_n = \frac{F_{Mf}}{A_t} = \frac{4 \cdot F_{Mf}}{\pi \cdot d^2} \quad (\text{eq. 3})$$

$$\tau = \frac{F_{pes}}{A_t} = \frac{4 \cdot F_{pes}}{\pi \cdot d^2} \quad (\text{eq. 4})$$

$$\sigma_{adm} = \frac{\sigma_e}{C_s} = \frac{640}{1,5} = 427 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{eq. 5})$$

Per tant, substituint a l'equació (1) i aïllant el diàmetre queda:

$$d \geq \sqrt[4]{\frac{16 \cdot F_{Mf}^2 + 48 \cdot F_{pes}^2}{\sigma_{adm}^2 \cdot \pi^2}} = \sqrt[4]{\frac{16 \cdot 193,13^2 + 48 \cdot 294,3^2}{427^2 \cdot \pi^2}} = 1,28 \text{ mm} \rightarrow M6 \times 1$$

Per calcular el gruix mínim de la xapa per a què no es doblegui es farà una comparativa entre la força de plegat de xapa i el pes del mòdul (veure figura 1), de tal manera que:

$$F_{plegat} \geq F_{pes}$$

Sabent que:

$$F_{plegat} = \frac{2 \cdot a \cdot e^2}{3 \cdot l} \cdot 2,5 \cdot \sigma_t \quad (\text{eq. 6})$$

On:

a: amplada de la xapa en mm

e: gruix de la xapa en mm

l: distància entre els punts de recolzament de la matriu

σ_t : Resistència a la tracció del Al 6063 T5

	e	0,5	0,5	1	1	1	1,5	1,5	1,5	2	2	2	2,5	2,5	3	3	3,5	4
V	6	9	6	9	16	9	16	25	16	25	32	25	32	25	32	32	32	32
Hmin	5	7	5	7	11	7	11	18	11	18	23	18	23	18	23	23	23	23
Rint	-	-	-	-	-	1	1	1,5	1,8	2,5	3	-	-	2,5	2,5	-	-	-
Rext	-	-	-	-	-	2,5	2,5	3	3,8	5	5,5	-	-	5,5	6	-	-	-
Rn	-	-	-	-	-	1,53	1,72	1,62	2,67	3,10	4,35	-	-	3,820	4,26	-	-	-
C	-	-	-	-	-	2,40	2,70	2,54	4,20	4,85	6,84	-	-	6,00	6,7	-	-	-

Fig. 3. Taula que determina la V a agafar per plegar la xapa d'alumini segons el gruix.

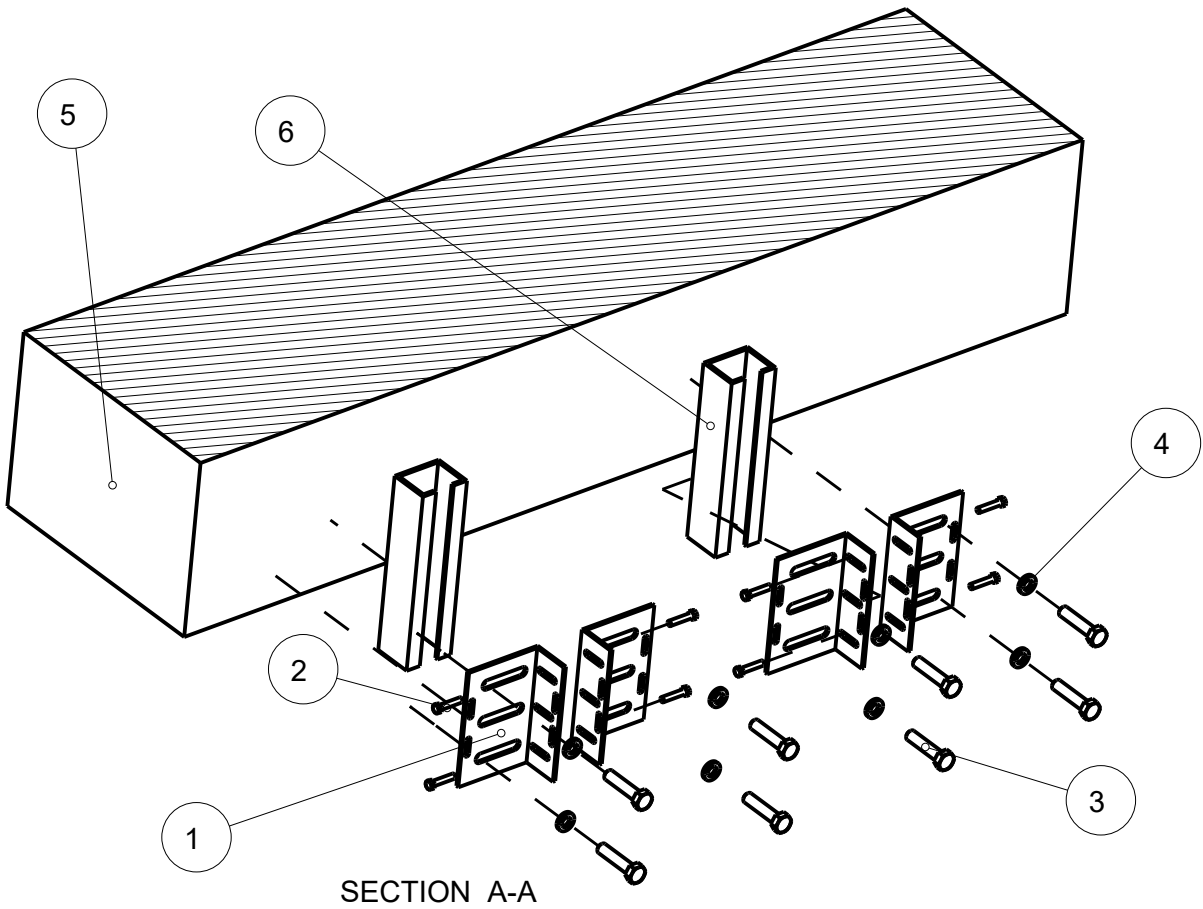
Segons les dimensions per un sistema de façana ventilada d'una empresa, dissenyant la xapa amb les mateixes mesures però augmentant el gruix de xapa a 3 mm, i agafant una V de 25 per plegar-la (veure figura 3) sabem que:



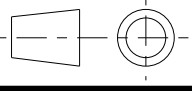
$$F_{plegat} = \frac{2 \cdot 80 \cdot 3^2}{3 \cdot 25} \cdot 2,5 \cdot 215 = 10320 \text{ N} \geq 220,7 \text{ N} \rightarrow OK$$

D'aquest resultat es pot afirmar que la xapa redimensionada aguantarà sense cap problema el pes del mòdul i no cedirà.

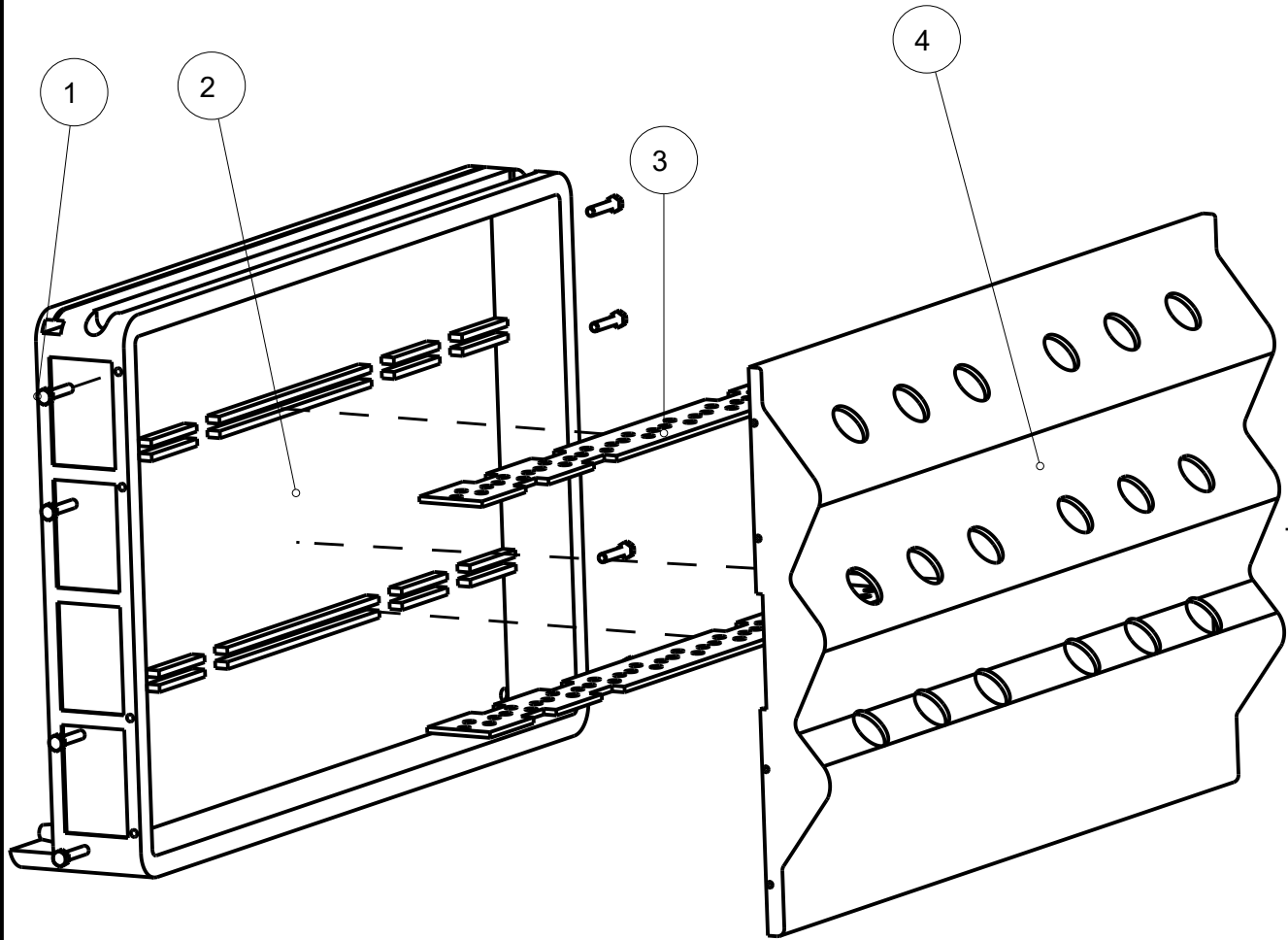
Annex 4. Plànols

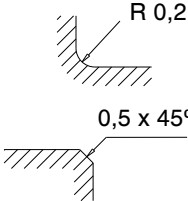


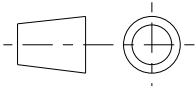
1	2	3	4
	Index	Descripció	Quantitat
	1	ANGULAR_V2	12
	2	IHBC0101	24
	3	IHBCO401	8
	4	IWCPA06	8
	5	PARET_VERTICAL	1
	6	PERFIL_C	2



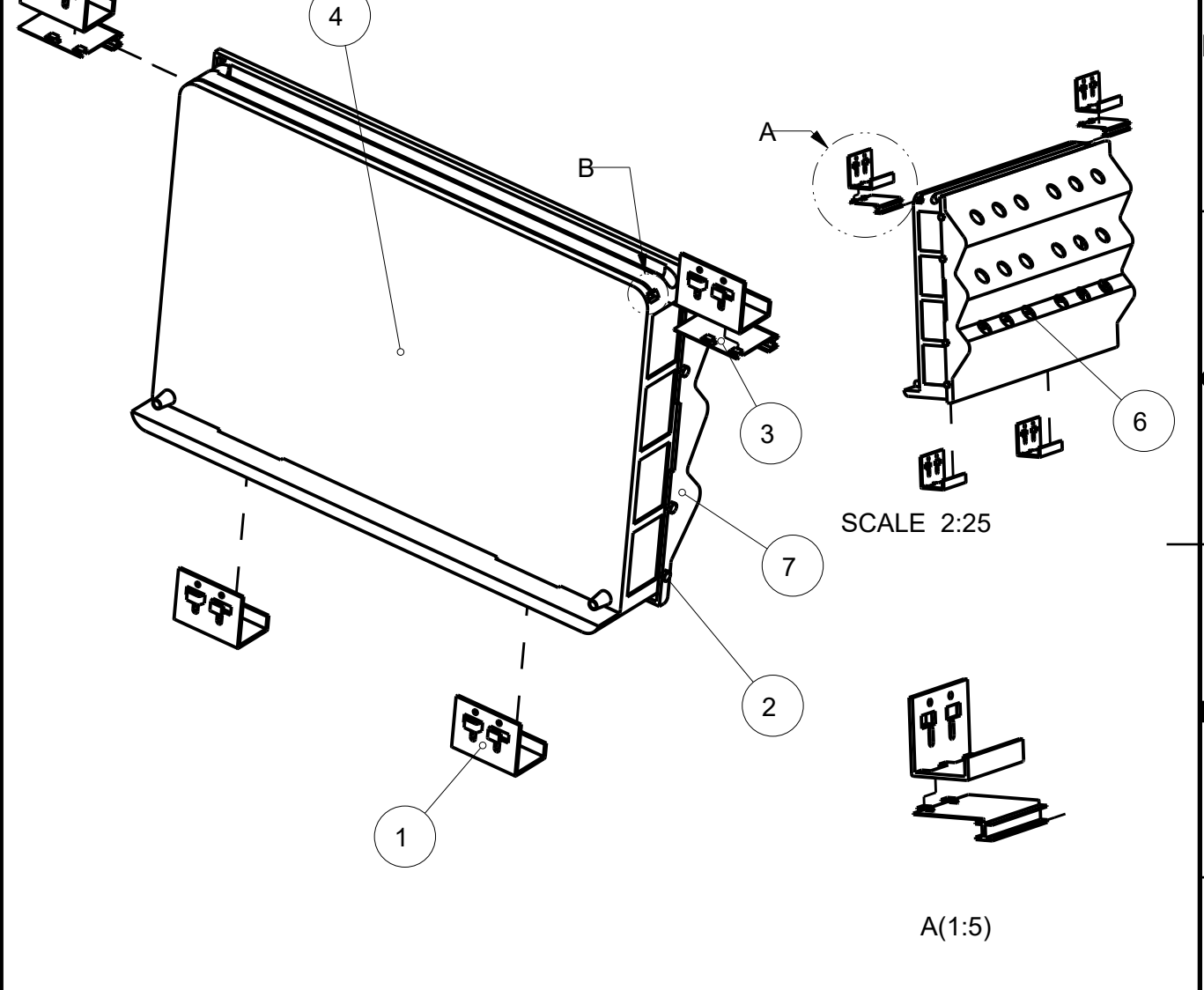
Material:	Toleràncies generals (mm)		Acords no indicats			
Massa (kg):						
Tractament tèrmic:	Dimensió	Tolerància		Descripció		
	0 - 10	± 0,1				
	10 - 50	± 0,2				
Tractament superficial:	50 - 200	± 0,8				
	> 200	± 1				
Projectat:	Rugositat no indicada:			Referència		
Aprovat:				ASS_PERFILS_ANGULARS		
			Escala: 3:20	Revisió: 1	Full: 1/1	
			Format: A4			

1	2	3	4
Index	Descripció		Quantitat
1	IHBC0201		8
2	MODUL_V2		1
3	SEPARADOR		2
4	TAPA_V2		1

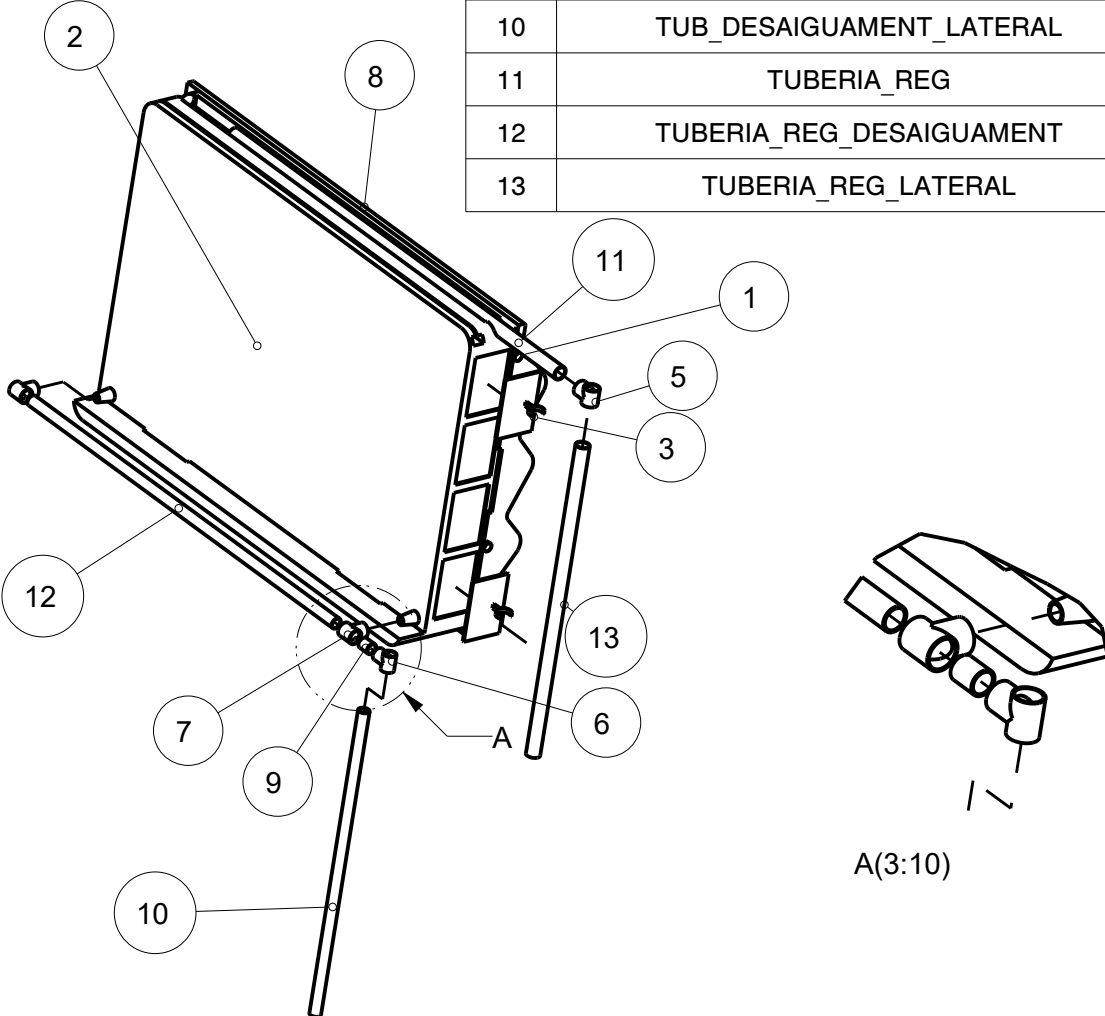


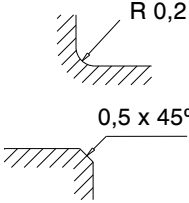
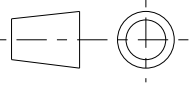


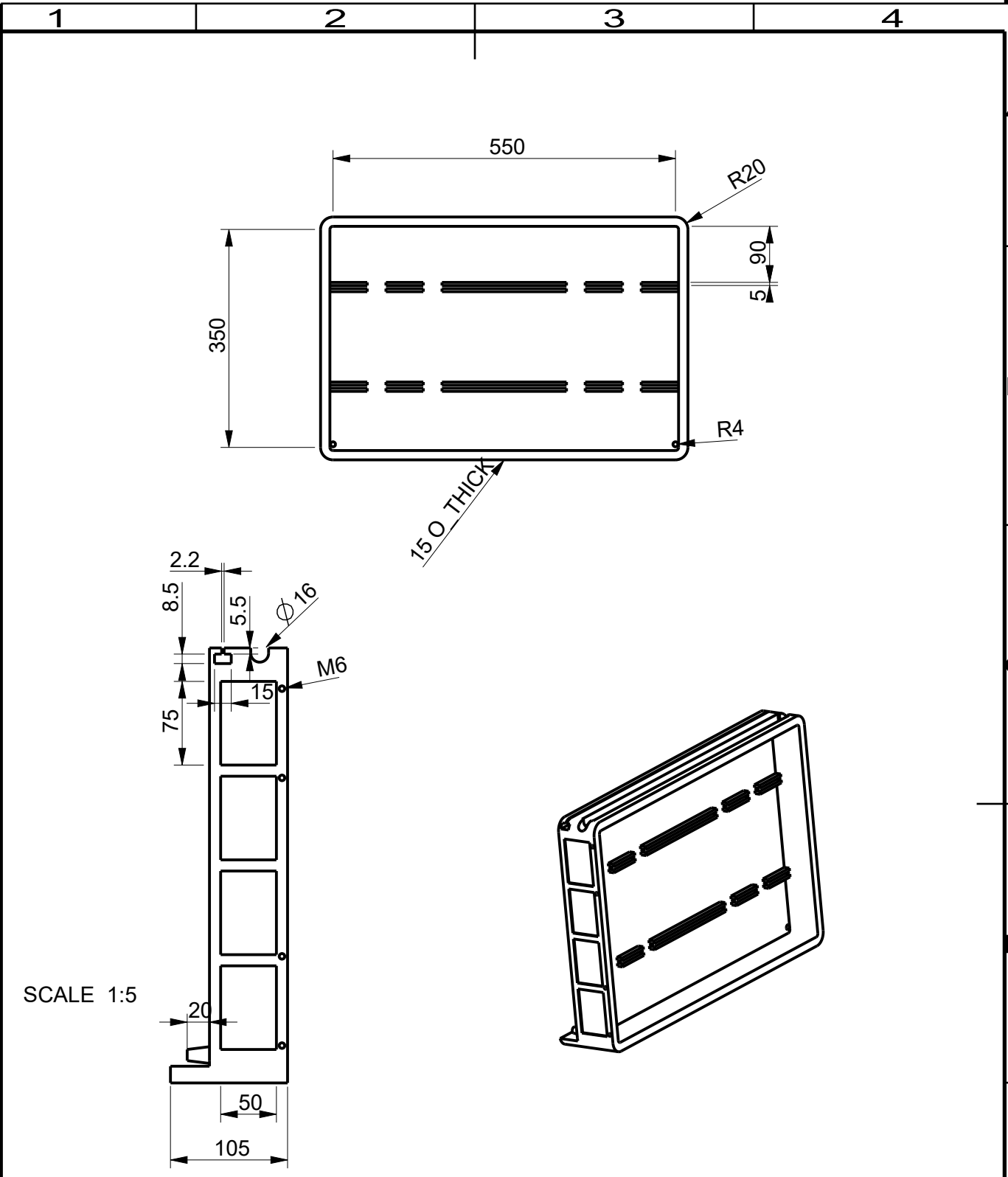
Material:	Toleràncies generals (mm)		Acords no indicats 				
Massa (kg):				Escola Politècnica Superior		Universitat de Lleida	
Tractament tèrmic:	Dimensió	Tolerància		Descripció			
	0 - 10	± 0,1					
	10 - 50	± 0,2					
	50 - 200	± 0,8					
Tractament superficial:	> 200	± 1					
Projectat:							
	Rugositat no indicada:			Referència			
Aprovat:			Escala:	1:5			
			Format:	A4			
			Revisió:	1		Full:	1/1



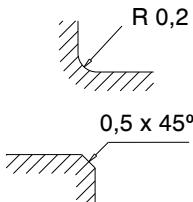
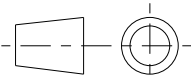
1	2	3	4
Index	Descripció		Quantitat
1	GRAPA_METALICA_V2		4
2	IHBC0201		8
3	MECHANICAL_RETAINING_SYSTEM		2
4	MODUL_V2		1
5	PLACA_SPRING		2
6	SEPARADOR		2
7	TAPA_V2		1

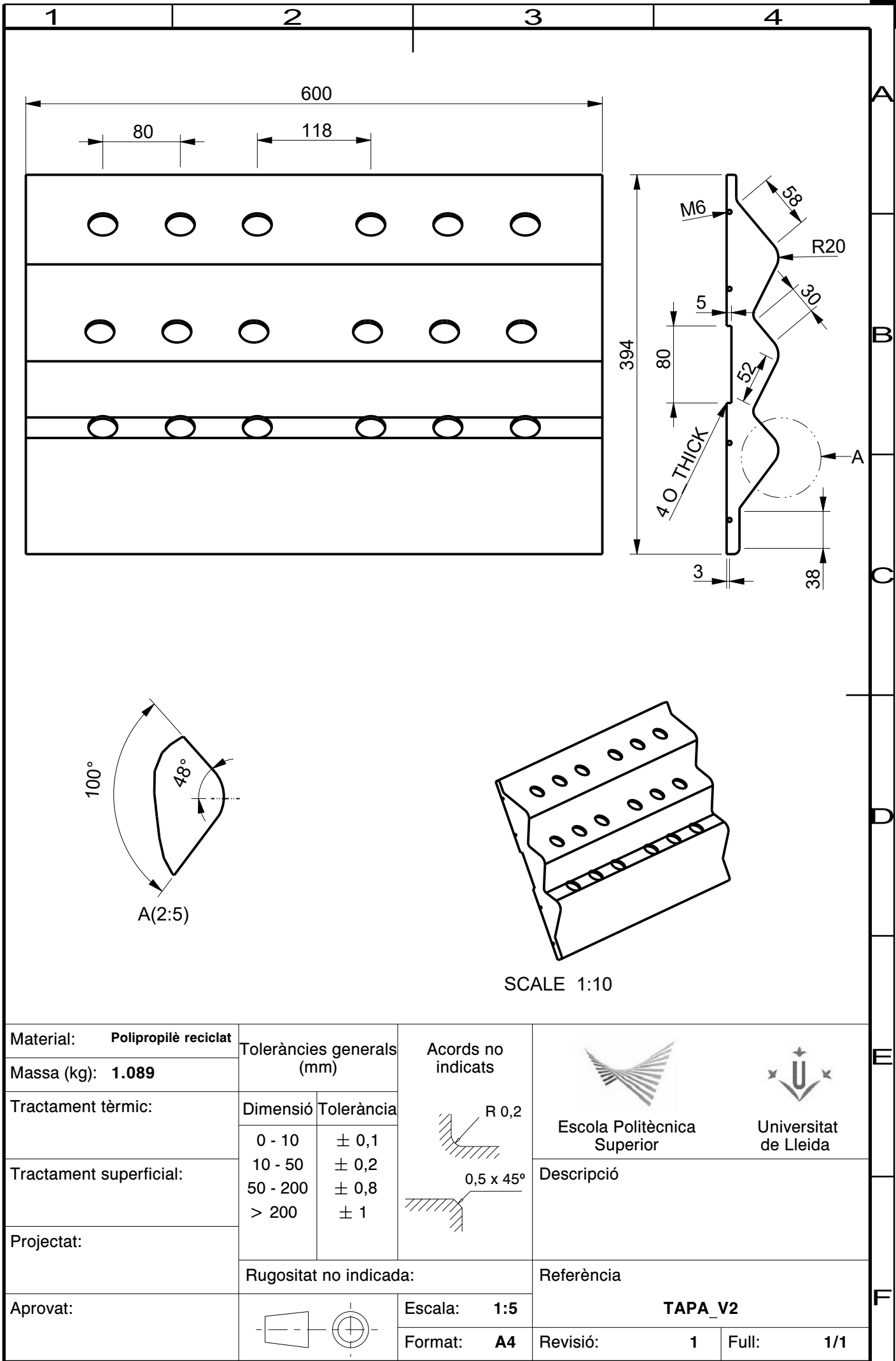


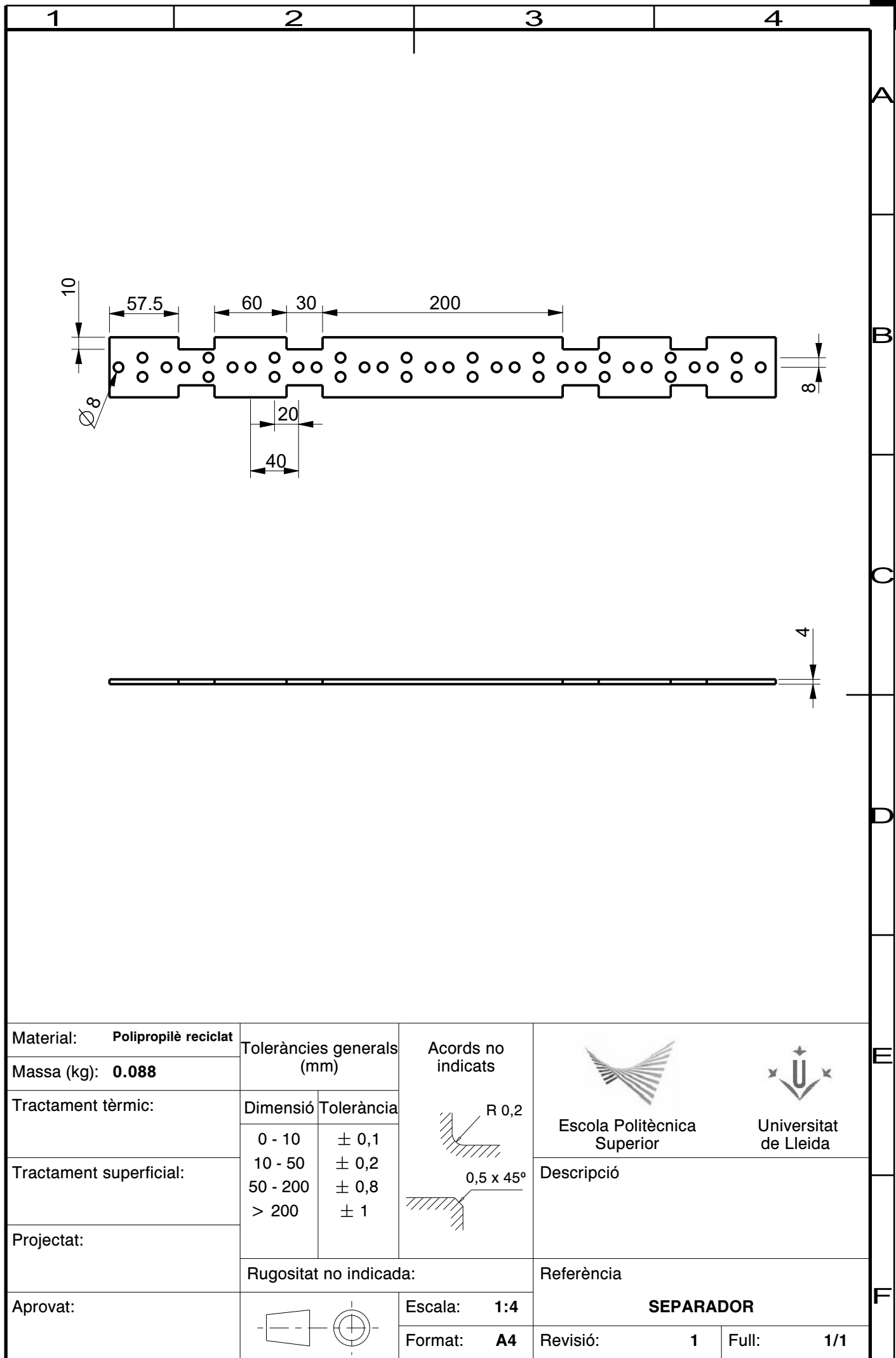
Material:	Toleràncies generals (mm)		Acords no indicats	<div> </div>	
Massa (kg):					
Tractament tèrmic:	Dimensió	Tolerància		Descripció	
Tractament superficial:	0 - 10	± 0,1			
	10 - 50	± 0,2			
	50 - 200	± 0,8			
Projectat:	> 200	± 1		Referència	
Aprovat:	Rugositat no indicada:		Escala: 3:20 Format: A4	MODUL_ASS_GRAPES Revisió: 1 Full: 1/1	

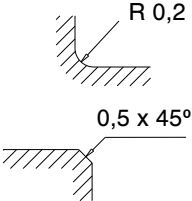


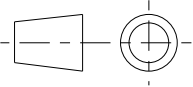
1		2		3		4			
				Index	Descripció	Quantitat			
				1	IHBC0201	8			
				2	MODUL_V2	1			
				3	PECA_REG	2			
				4	SEPARADOR	2			
				5	T_REG	1			
				6	T_REG_DESAIGUAMENT	1			
				7	T_REG_DESAIGUE_V2	2			
				8	TAPA_V2	1			
				9	TUB_DESAIGUAMENT_CURT	1			
				10	TUB_DESAIGUAMENT_LATERAL	1			
				11	TUBERIA_REG	1			
				12	TUBERIA_REG_DESAIGUAMENT	1			
				13	TUBERIA_REG_LATERAL	1			
Material:				Toleràncies generals (mm)		Acords no indicats		 	
Massa (kg):									
Tractament tèrmic:				Dimensió	Tolerància			Descripció	
				0 - 10	± 0,1				
				10 - 50	± 0,2				
				50 - 200	± 0,8				
Tractament superficial:				> 200	± 1				
Projectat:				Rugositat no indicada:		Referència			
Aprovat:						Escala: 3:25		MODUL_ASS_REG	
						Format: A4		Revisió: 1	Full: 1/1

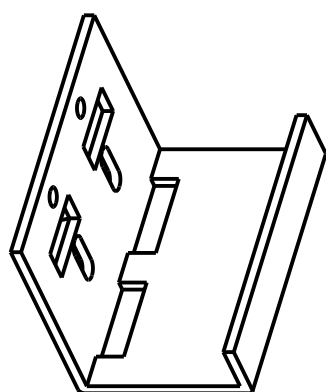
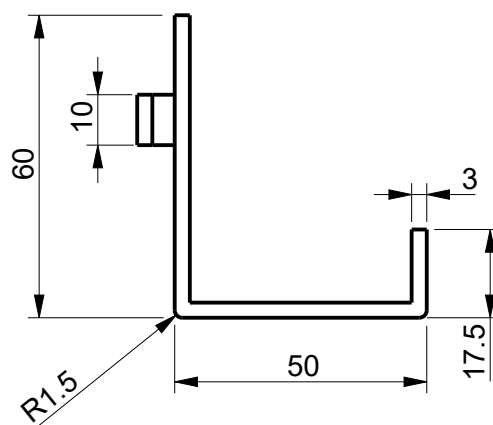
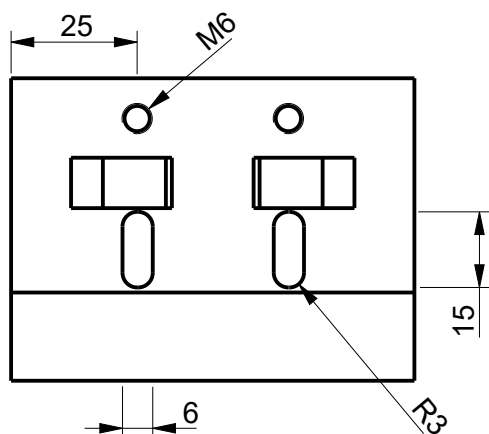


Material: Polipropilè reciclat	Toleràncies generals (mm)		Acords no indicats		
Massa (kg): 4.743					
Tractament tèrmic:	Dimensió	Tolerància		Descripció	
Tractament superficial:	0 - 10	± 0,1			
	10 - 50	± 0,2			
	50 - 200	± 0,8			
Projectat:	> 200	± 1	Referència		
Rugositat no indicada:					
Aprovat:			Escala: 67:600	MODUL_V2	
			Format: A4		

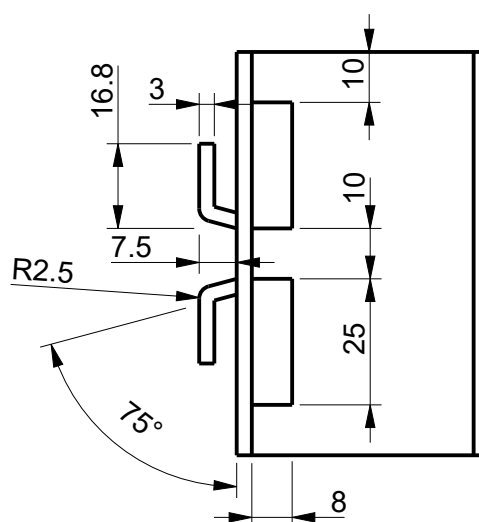


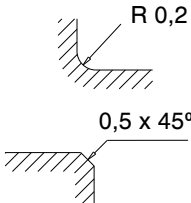


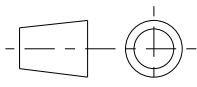


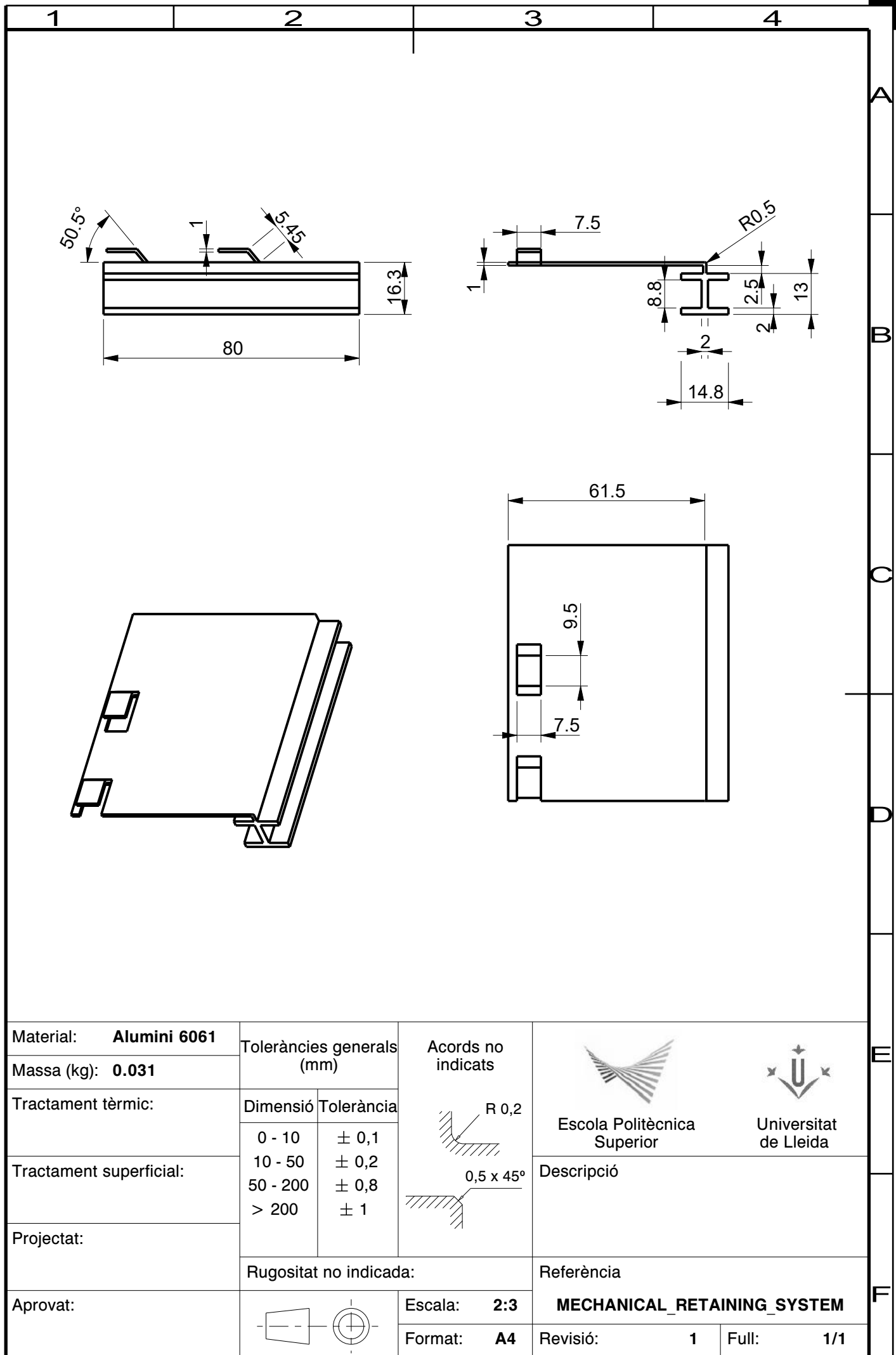
Material: Polipropilè reciclat	Toleràncies generals (mm)		Acords no indicats 	 Escola Politècnica Superior		 Universitat de Lleida	
Massa (kg): 0.088							
Tractament tèrmic:	Dimensió	Tolerància		Descripció			
Tractament superficial:	0 - 10	± 0,1	Referència				
	10 - 50	± 0,2					
	50 - 200	± 0,8					
	> 200	± 1					
Projectat:	Rugositat no indicada:		SEPARADOR				
Aprovat:							
			Escala: 1:4	Revisió: 1 Full: 1/1			
			Format: A4				



SCALE 1:2



Material: Alumini 6061	Toleràncies generals (mm)		Acords no indicats 			
Massa (kg): 0.074						
Tractament tèrmic:	Dimensió	Tolerància		Descripció		
	0 - 10	± 0,1				
	10 - 50	± 0,2				
Tractament superficial:	50 - 200	± 0,8				
	> 200	± 1				
Projectat:						
	Rugositat no indicada:			Referència		
Aprovat:			Escala: 2:3	GRAPA_METALICA_V2		
			Format: A4			



1	2	3	4		
<div style="text-align: center;"> </div>					
Material: Alumini 6061		Toleràncies generals (mm)	Acords no indicats		
Massa (kg): 2.407					
Tractament tèrmic:	Dimensió	Tolerància		<div> <div>Escola Politècnica Superior</div> <div>Universitat de Lleida</div> </div>	
Tractament superficial:	0 - 10	± 0,1			
	10 - 50	± 0,2			
	50 - 200	± 0,8			
Projectat:	> 200	± 1	Descripció		
Rugositat no indicada:		Referència			
Aprovat:		Escala: 1:1 Format: A4	PERFIL_C		
		Revisió:	1	Full:	1/1

